



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **MÁSTER EN EDIFICACIÓN PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**REHABILITACION ENERGETICA EN EDIFICACIONES DE MAS  
DE 30 AÑOS MEDIANTE EL USO DE RECURSOS  
INFORMÁTICOS.  
APLICACIÓN A UNA EDIFICACION UBICADA EN LA  
PROVINCIA DE PONTEVEDRA.**

**Proyectista:** Yesenia Gómez Fernández

**Directoras:** Inmaculada Rodríguez Cantalapiedra, Ana M<sup>a</sup> Lacasta Palacio

**Convocatoria:** R } 1<sup>a</sup> GE€



## RESUMEN

Uno de los aspectos fundamentales en un edificio residencial es el confort térmico; prueba de ello es que casi 70% del consumo energético en este sector, se corresponde con los sistemas de climatización y producción de agua caliente sanitaria. Por este motivo, se considera cada vez más relevante minimizar las pérdidas térmicas a través de la envolvente de las edificaciones y de sus instalaciones, garantizando un mínimo de confort a sus habitantes.

Cabe destacar también que la existencia de pérdidas térmicas supone el derroche de energía, pues se aumenta el consumo debido a la sobreutilización de los sistemas térmicos para compensar las mismas y de este modo satisfacer las necesidades de confort de los usuarios; es por ello que cuando se habla de rehabilitación se habla de sostenibilidad, pues adaptar esas viejas construcciones a las normativas que establecen nuevos criterios respetuosos con el Medio Ambiente no sólo es más económico que hacer nuevas construcciones (aun si estas están desde el principio concebidas bajo los mismos principios de sostenibilidad), sino que, además, puede alargar la vida útil de estas construcciones y evitar que tengan que ser demolidas en su totalidad cuando ésta haya acabado.

El objetivo de este trabajo es demostrar que a través de una metodología adecuada, y no necesariamente costosa, las edificaciones antiguas pueden ser energéticamente sostenibles. Para ello, se ha analizado una edificación existente, construida en el año 1960, y se han tomado como referencia no sólo los datos la edificación, sino también información sobre intervenciones a edificaciones que datan del mismo año de construcción, así como citas bibliográficas referentes de la tipología constructiva de dicha época.

Para el desarrollo del análisis se han utilizado varias herramientas informáticas. La primera de ellas fue LIDER, por ser una herramienta asociada al cumplimiento de la normativa, así como también se utilizaron dos herramientas no oficiales que ayudaron a prever el comportamiento energético de los edificios: los software DesignBuilder y ARKO (de diseño y dimensionado de carpinterías).

A partir del análisis de la edificación, se plantea:

1. El uso de un sistema de aislamiento térmico por el exterior, en este caso de lana de roca, el cual se fijará al soporte mediante la aplicación de mortero.
2. La sustitución de la carpintería exterior por otras de mayor aislamiento térmico y estanqueidad.
3. La sustitución de la cubierta existente y el cambio de dirección del faldón norte para canalizar las aguas pluviales hacia los patios interiores.

Mediante el uso de los recursos informáticos antes mencionados, que han facilitado los cálculos del comportamiento térmico del edificio (simulación informática del consumo energético), se ha comprobado que esta serie de intervenciones optimiza el consumo energético para calefacción, disminuyendo el mismo casi en un 40%, esto también se traduce en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Este tipo de análisis está en pleno desarrollo en la actualidad, cada vez son más las empresas y entes gubernamentales las que utilizan la simulación energética como herramienta de predicción en proyectos de arquitectura eficientes.

Esto además supone, por un lado reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, y por el otro la reactivación económica del sector de la construcción, llevándolo a contemplar como una oportunidad ante la crisis actual, la rehabilitación de edificios existentes.

## ABSTRACT

One of the fundamental aspects of a residential building is the thermal comfort, as evidenced by the fact that almost 70% of energy consumption in this sector corresponds to the air conditioning, heating systems and hot water production. For this reason, it is considered increasingly important to minimize heat loss through the building envelope (walls and roof) and its facilities, ensuring a minimum of comfort to its inhabitants.

Remember also that the existence of heat loss is a waste of energy, because consumption is increased due to the overuse of thermal systems to offset the losses and thus meet the needs of user comfort, this is why when we talk about rehabilitation we talk about sustainability, because to adapt those old buildings to the regulations that establish new criteria that respect the environment is not only cheaper than making a new construction (even if these are from the beginning conceived with the same principles of sustainability), but it can also lengthen the life of these buildings and avoid having to demolish them when its normal life line is over.

The aim of this paper is to demonstrate that through an appropriate methodology, not necessarily expensive, older buildings can be energy sustainable. To this end, we have analyzed an existing building, built in 1960 and have been used as reference data not only of the building, but also information on interventions to buildings dating from the same year of construction, and bibliographic references of constructive typology of that time.

For this analysis several tools informatics systems have been used. The first was LEADER, for to be a tool associated with its compliance, as well as they were used two unofficial tools were also used they helped provide the possible energy performance of the building: the software DESIGN BUILDER and ARKO (design and dimensioning of woodwork).

From the analysis of the building, we propose:

1. The use of a system of heat insulation by the outside, in this case of rock wool.
2. The replacement of exterior carpentry by others of better thermal insulation and air tightness.
3. The substitution of the existing cover and the change of direction of the North apron to canalize pluvial waters towards the inner courtyards.

Using of the use of the computer science resources before mentioned, that have facilitated the calculations of the thermal behavior of the building (computer simulation of energy consumption), it was found that this series of interventions optimizes energy consumption for heating, reducing it by nearly 40 %, this also results in reducing CO2 emissions.

This type of analysis is in the heat of development at present, every time they are plus the governmental companies that use the simulation energetic like tool of prediction in efficient projects of architecture.

This also supposes, on the one hand to reduce the CO2 emissions, and on the other the reactivation economic of the sector of the construction, taking it to contemplate like an opportunity before the present crisis, the rehabilitation of existing buildings.

## INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INDICE.....	3
GLOSARIO.....	4
INTRODUCCION.....	10
PLANTEAMIENTO INICIAL.....	12
1    Antecedentes medioambientales.....	13
2    Consumos de energía en el ámbito de la edificación. ....	15
3    Eficiencia energética.....	19
AMBITO DE APLICACIÓN: MARCO TEÓRICO .....	21
1    CERRAMIENTOS: RELACION CON LA EDIFICACION Y SU ENTORNO.....	22
1.1    La fachada.....	24
1.1.1    Tipologías de fachada.....	24
1.1.2    Patologías en Fachadas. ....	28
1.2    La Cubierta.....	29
1.2.1    Patologías en Cubiertas.....	31
2    Análisis del comportamiento del edificio .....	32
2.1    CTE HE-1: Procedimiento de verificación .....	33
Opción simplificada.....	34
Opción General.....	34
2.2    DesignBuilder. ....	35
CASO PRÁCTICO .....	36
1    REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EDIFICACIÓN EXISTENTE.....	37
1.1    Marco Normativo .....	37
1.2    Entorno Geográfico y climatológico.....	37
1.3    Datos Básicos de la Edificación: .....	38
1.3.1    Datos Urbanísticos:.....	39
2    Análisis del estado actual, aplicación de la opción gral. ....	40
2.1.1    Configuración.....	40
2.1    Clasificación de los espacios .....	44
2.2    Definición de la envolvente térmica del edificio.....	44
3    Propuesta de Intervención.....	49
3.1    Acondicionamiento de Fachadas .....	50
3.1.1    Sustitución de carpintería.....	53
3.2    Sustitución de cubierta.....	54
3.2.1    Formación de terrazas. ....	54
4    Desarrollo de la propuesta, DesignBuilder. ....	55
4.1    Lugar.....	55
4.2    Modelo.....	56
4.2.1    Cerramientos y Aberturas .....	56
4.2.2    Actividad.....	57
4.2.3    HVAC ("Heating, Ventilating and Air Conditioning) .....	58
4.3    Simulación.....	59
5    Designbuilder – LIDER .....	61
6    Resultados.....	64
CONCLUSIONES.....	65
Anexo i. Índice de tablas e ilustraciones.....	66
Anexo ii. Reportaje fotográfico.....	68
Anexo iii. Planos .....	72
Anexo ix. Cuadros comparativos entre carpinterías. ....	78
BIBLIOGRAFIA.....	83
AGRADECIMIENTOS.....	86

## GLOSARIO

### **ACS**

Sigla de agua caliente sanitaria.

### **Agenda 21**

Programa de acción global para el desarrollo sostenible en el siglo XXI, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 1992, en donde 173 estados aprobaron en un programa de acción sobre medio ambiente y desarrollo para el siglo XXI, el denominado Programa 21, introduciendo el concepto de sostenibilidad a través de la integración del medio ambiente en el conjunto de las políticas sectoriales.

### **Ahorro de Energía**

El ahorro de energía en el hogar se puede conseguir, tanto por el uso de equipos más eficientes energéticamente, como por la aplicación de prácticas más responsables con los equipos que la consumen.

### **Aislamiento térmico**

Los aislantes térmicos que se colocan en techos, tabiques y muros tienen la propiedad de impedir el paso del calor en ambos sentidos; por eso evitan que en invierno se escape el calor al exterior y que en verano entre el calor en la vivienda. Los materiales aislantes pueden ser de origen vegetal (corcho, fibra de madera, etc.) sintético (espuma de poliuretano, poliestireno, espumas fenólicas, etc.). Se pueden colocar sobre la cara interna o externa de los paramentos, o incluso en el interior de los mismos, si existiera cámara de aire y se pudieran inyectar en ésta.

### **Alero**

Es la prolongación en voladizo de un faldón sobre el plano de fachada.

### **Calentamiento de la tierra**

Cambios en la temperatura de la superficie y el aire que se producen a causa del efecto invernadero inducido por la emisión al aire d gases como el dióxido de carbono o el metano.

### **Calor (Q)**

Se define calor como la forma de energía en tránsito que se manifiesta debido a una diferencia de temperaturas. Su notación es la letra Q y sus unidades son el Julio (J) en el sistema internacional (SI) y la caloría (cal) en el sistema cegesimal (CSG).

### **Capa de ozono**

El ozono es uno de los gases que integran la atmósfera y cumple un papel de especial importancia en la absorción de los rayos ultravioletas, nocivos para la vida. El agujero de la capa de ozono se produce por la reducción de la proporción de ozono que provocan las emisiones de gases perjudiciales, como los CFCs (clorofluoruro-carbonados). A través de dichos agujeros pueden penetrar las radiaciones ultravioletas, altamente peligrosas.

### **Cerramiento**

Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

### **Confort térmico**

El confort térmico se define como la condición en la que el usuario siente satisfacción respecto al ambiente térmico en el que está. El confort depende de factores personales

(actividad física y vestimenta) y factores ambientales (temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire, humedad relativa del aire).

### **Condiciones higrotérmicas**

Son las condiciones de temperatura seca y humedad relativa que prevalecen en los ambientes exterior e interior para el cálculo de las condensaciones intersticiales.

### **Conductividad Térmica $W/(m \cdot K)$**

Cantidad de calor que se transmite a través de la unidad de espesor de un material, cuando la diferencia de temperatura entre ambas caras es de un grado; se representa por la letra  $\lambda$ .

### **Componentes del edificio**

Se entienden por componentes del edificio los que aparecen en su envolvente edificatoria: cerramientos, huecos y puentes térmicos.

### **Cubierta**

Conjunto de elementos que constituyen el cerramiento superior de un edificio y que están comprendidos entre la superficie inferior del último techo y el acabado en contacto con el ambiente exterior.

### **Cubierta inclinada**

Aquella formada por faldones dispuestos con una inclinación mayor del 10%.

### **Cubierta plana**

Aquellas cuyas pendientes no superan el 5%.

### **Cumbrera o Caballete**

Arista horizontal de la cubierta a la máxima altura conformada por el encuentro de dos faldones.

### **Demanda energética**

Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de calefacción, correspondiente a los meses de la temporada de calefacción y de refrigeración respectivamente.

### **Desarrollo Sostenible**

Aprovechamiento de los recursos que satisface las necesidades actuales protegiendo el medio ambiente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas.

### **Edificio de referencia**

Edificio obtenido a partir del edificio objeto, cuya demanda energética debe ser mayor, tanto en régimen de calefacción como de refrigeración, que la del edificio objeto. Se obtiene a partir del edificio objeto sustituyendo los cerramientos por otros que cumplen los requisitos de la opción simplificada.

### **Edificio objeto**

Edificio del que se quiere verificar el cumplimiento de la reglamentación.

### **Eficiencia Energética**

Conjunto de programas y estrategias para reducir la energía que emplean determinados dispositivos y sistemas sin que se vea afectada la calidad de los servicios suministrados.

### **Eflorescencias**

Depósito de sales solubles en la superficie de los materiales porosos que aparecen como manchas perceptibles, principalmente sobre materiales cerámicos.

### **Embaldosados**

Revestimiento realizado con baldosas cerámicas o materiales similares, fijadas con mortero.

### **Energía Verde**

Energía que se produce con recursos renovables.

### **Envolvente edificatoria**

Se compone de todos los cerramientos del edificio.

### **Envolvente térmica**

Se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

### **Esgrafiado**

Técnica que consiste en decorar una superficie aplicando, sobre un fondo, una serie de capas de estuco de diferentes colores, que se hacen saltar siguiendo un dibujo previamente estarcido sobre la última capa, de manera tal que van apareciendo diferentes colores, según la profundidad de los surcos.

### **Espacio habitable**

Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

### **Espacio habitable de baja carga interna**

Espacio donde se disipa poco calor. Comprende principalmente los recintos destinados a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.

### **Espacio no habitable**

Espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

### **Estucado**

Material de revestimiento constituido por dos o tres capas de una pasta compuesta generalmente por la mezcla de cal de grano muy fino, arena de polvo de mármol, pigmentos naturales y agua, que es aplicado con la técnica de tendido sobre un revoco, en superficies interiores y exteriores.

### **ETICS**

(External thermal Insulation Composite Systems) son un sistema de aislamiento térmico aplicado por el exterior de los edificios, que contribuye a reducir la demanda energética de estos.



### **Exceso de humedad interior**

Cociente entre la cantidad media de producción de humedad en el interior de un espacio (kg/h) y el producto de la tasa de renovación de aire por el volumen del mismo (m<sup>3</sup>/h). El exceso de humedad interior se expresa en kg/m<sup>3</sup>.

### **Fachada**

Cerramiento en contacto con el exterior cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Cierre vertical que envuelve dando privacidad al interior y sirve de protección ante los fenómenos climáticos.

### **Faldón**

Cada uno de los planos inclinados que forman una cubierta inclinada.

### **Flujo de calor (q)**

Es la cantidad de calor dividida por unidad de tiempo. Su notación es la letra q y sus unidades son el vatio (W) en el SI y la kilocaloría/hora (kcal/h) en el CGS. Para calcular la temperatura en el interior o en el exterior de un lugar determinado se utiliza la siguiente fórmula:

$$q = \lambda * e * \Delta T$$

$\Delta T$  = Tint – Text = incremento de temperatura

$\lambda$  = Conductividad

$e$  = espesor

### **Fotovoltaica**

Relativo a la generación de electricidad por la acción de la radiación solar.

### **Granulite**

Nombre comercial de un revestimiento continuo muy utilizado en Cataluña durante los años sesenta. Compuesto por una mezcla de árido de mármol natural triturado, unido mediante unas resinas acrílicas.

### **Hueco**

Es cualquier elemento semitransparente de la envolvente del edificio. Comprende las ventanas y puertas acristaladas.

### **Impacto ambiental**

Cambio, temporal o espacial, provocado en el medio ambiente por la actividad humana.

### **Ketp**

Unidad de energía que equivale a kilotoneladas equivalentes de petróleo.

### **Marcado CE**

Tiene su origen legal en la directiva de productos de la construcción y establece que los productos de construcción sólo podrán comercializarse si son idóneos para el uso al que se destinan. A este respecto, los productos de construcción deberán cumplir con una serie de requisitos esenciales en materia de resistencia mecánica y estabilidad, seguridad en caso de incendio, higiene, salud y medio ambiente, seguridad de utilización, protección contra el ruido, ahorro energético y aislamiento térmico. El marcado CE es un conjunto de requisitos obligatorios para aquellos productos o familias de productos comercializados para los cuales se haya previsto algún tipo de normalización desde la Comisión Europea. Se responsabiliza al propio fabricante de su cumplimiento.

### **Monocapas**

Revestimiento para fachadas constituido por un mortero de cemento y/o cal aplicado directamente sobre el cerramiento (ladrillo, bloque de hormigón, etc.) que sustituye el sistema tradicional de revoco más pintura.

### **Muro Cortina**

Término utilizado para describir la fachada de un edificio que no lleva ninguna carga en el edificio. Estas cargas se transfieren a la estructura de edificio principal a través de conexiones en el suelo o en las columnas del edificio. Un muro cortina está diseñado para resistir el aire y la infiltración de agua, fuerzas sísmicas y sus propias fuerzas de carga.

### **Muro Parietodinámico**

Cerramiento que aprovecha la energía solar para el precalentamiento del aire exterior de ventilación. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y una hoja exterior acristalada o metálica que absorbe la radiación solar. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada.

### **Partición interior**

Elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales u horizontales (suelos y techos).

### **Porcentaje de huecos**

Fracción del área total de la fachada ocupada por los huecos de la misma, expresada en porcentaje.

### **Puente térmico**

Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos.

### **Protocolo de Kioto**

Acuerdo internacional de 1997 para reducir, en el periodo 2008 a 2012, un 5,2 por ciento de media la emisión combinada de gases con efecto de invernadero respecto a los niveles de 1990: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

### **Reciclado**

Recuperación de recursos que consiste en la recogida y el tratamiento de un producto usado para emplearlo como materia prima en la fabricación del mismo producto o de otro similar. La estrategia de residuos de la Unión Europea distingue entre reutilización, que es la recuperación del producto sin modificación estructural alguna, reciclado, que es la utilización del material con algunos cambios estructurales, y recuperación que se refiere exclusivamente al componente energético.

### **Resistencia térmica (m<sup>2</sup>K/W)**

Inverso de la conductancia térmica, es decir, diferencia de temperaturas necesaria para que se produzca un traspaso de calor por unidad de tiempo a través de un material. La

resistencia térmica, representa la capacidad de un material de dificultar el flujo del calor, en el caso de los cerramientos, es la razón entre el espesor y la conductividad térmica ( $\lambda$ ).

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

En el caso de que el calor pase a través de un material formado por varios componentes, las resistencias pueden ser calculadas por separado, siendo la resistencia del conjunto la suma de las resistencias parciales obtenidas. El flujo de calor siempre va de la temperatura más alta a la temperatura más baja.

### **Revoco**

Revestimiento continuo de mortero de cal, cemento, o de cal y cemento que se aplica sobre un soporte (pared) y sirve como base para cualquier acabado posterior.

### **Simulación**

Proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos.

### **Sistema cegesimal de unidades (CGS)**

Es un sistema de unidades basado en el centímetro, el gramo y el segundo. Su nombre es el acrónimo de estas tres unidades.

### **Transmitancia térmica ( $W/m^2.K$ )**

Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Es la inversa de la resistencia térmica (R).

$$U = \frac{1}{R}$$

### **Zócalo**

Cuerpo inferior de un edificio u obra, que sirve para elevar los basamentos a un mismo nivel. Constituye la parte de la fachada más próxima al terreno.

## INTRODUCCION

La mayor parte de los edificios construidos en las últimas cuatro décadas, no cumplen con los requerimientos mínimos a cumplir de sostenibilidad, como puede ser el ahorro energético, relacionado con la transmitancia térmica de los cerramientos y la carpintería, que teniendo como referencia el CTE, debería ser inferior a los máximos establecidos según la orientación de la fachada y la configuración de los elementos que la componen.

El estado térmico de un edificio es el resultado de los distintos flujos de calor que intervienen como resultado de las solicitaciones externas e internas.

La envolvente del edificio, así como el resto de elementos interiores que lo conforman, influyen sobre las diferencias de clima que se producen en el interior de la edificación con respecto al clima exterior.

La envolvente de un edificio, está constituida principalmente por cerramientos (cubiertas, suelos, muros de fachada, medianeras), que separan los recintos habitables del ambiente exterior y por huecos, que, representan una vía importante para la transmisión de calor entre el interior de la vivienda y el ambiente exterior.

Generalmente, el máximo confort y la conservación de la energía en el interior del edificio, depende de la resistencia térmica de los cerramientos.

Dado que la labor del arquitecto no es solo construir sino analizar las repercusiones de las decisiones tomadas durante el ciclo de vida de una edificación, esta condición genera especial interés y preocupación, ya que el buen funcionamiento energético y las óptimas condiciones internas de confort son factores fundamentales en la lucha contra el cambio climático.

El presente proyecto se ha planteado para fomentar la rehabilitación de edificaciones con más de 30 años de antigüedad, para que sean energéticamente sostenibles, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos interiores y la relación coste-eficacia, partiendo del uso de recursos informáticos para prever el comportamiento energético del edificio.

El desarrollo del siguiente estudio basado en:

1. Recopilación de antecedentes ambientales que dieron lugar a la formulación del planteamiento de sostenibilidad y eficiencia energética, analizando la influencia del ciclo de vida de la edificación en los consumos de energía, a través de consultas a documentos oficiales y datos estadísticos emitidos por:
  - IDAE ( Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía)
  - AIDICO (Instituto tecnológico de la construcción)
  - MITYC (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio)
  - IGE (Instituto Galego de Estadística)
  - INEGA (Instituto energético de Galicia)
2. Analizar el estado actual de una edificación existente ubicada en la Provincia de Pontevedra, mediante la aplicación de recursos informáticos, con el fin de mejorar las condiciones de confort, habitabilidad, sostenibilidad y por consiguiente mejorar la eficiencia energética del mismo.

- AUTOCAD. Confección de planos: plantas, alzados, secciones.
- LIDER. Análisis del comportamiento térmico del edificio.
- DESIGNBUILDER. Propuesta de intervención.
- ARKO. Cálculo de carpinterías.

Se plantea como metodología de trabajo, el uso de herramientas informáticas de simulación energética para el análisis del comportamiento de la envolvente de las edificaciones que requieran ser rehabilitadas. Como ya se ha mencionado, se realizará el análisis de la edificación existente con una herramienta homologada (LIDER) y la propuesta de intervención se realizará con el programa Designbuilder, contrastando los valores de demandas y consumos obtenidos en ambos programas.

Se pretende usar la simulación energética como herramienta de predicción del comportamiento de los edificios para su posterior rehabilitación, y de este modo impulsar la rehabilitación energética de las edificaciones, a través de la mejora en los parámetros para así optimizar en lo posible el comportamiento térmico de las mismas.

12 Rehabilitación energética en edificaciones de más de 30 años mediante el uso de recursos informáticos.  
Aplicación a una edificación ubicada en la Provincia de Pontevedra.

---

PLANTEAMIENTO INICIAL

## 1 ANTECEDENTES MEDIOAMBIENTALES

Es de todos sabido, que la construcción forma parte fundamental de la economía de cualquier ciudad o país; por el empleo que genera, los recursos naturales utilizados, las infraestructuras generadas y la energía consumida durante todo el ciclo de vida de las edificaciones. Una de las principales consecuencias de la cadena generada a partir de ésta práctica es el *impacto medioambiental*.

El impacto medioambiental es un tema que ha generado preocupación desde hace décadas. En 1948, en el marco de una conferencia internacional celebrada en Francia, se funda la “International Union for Conservation of Nature and Natural Resources” UICN, pero no es hasta finales de los años 60 que la sociedad mundial comienza a preocuparse por la biodiversidad y el deterioro medioambiental.

En 1972 es publicado un informe llamado “Los Límites del Crecimiento”, redactado por un grupo de investigadores que presentan los resultados de las simulaciones por ordenador de la evolución de la población humana sobre la base de la explotación de los recursos naturales, con proyecciones hasta el año 2100. Las perspectivas resultaron muy negativas.

Es entonces cuando comienzan a gestionarse las primeras reuniones mundiales sobre medioambiente, algunas de ellas con mayores resultados que otras:

- 1972 Conferencia sobre el Medio Humano de Estocolmo. Primera “Cumbre de la Tierra”.
- 1980 La UICN publica el informe “Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales”
- 1983 La ONU establece la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo.
- 1987 Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. “Informe Brundtland”, formaliza por primera vez el concepto de *desarrollo sostenible*.<sup>1</sup>
- 1992 Segunda Cumbre de la Tierra. Río de Janeiro, *Agenda 21* y 21 local, se modifica la definición original de desarrollo sostenible del informe de Brundtland, integrando la perspectiva del progreso económico, la justicia social y la preservación del medio ambiente.<sup>2</sup>
- 1994 Se celebra la Primera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles. Dinamarca. “El Plan de Aalborg”, supone el compromiso de los municipios firmantes a adecuar sus políticas a las directrices del desarrollo sostenible.
- 1996 Segunda Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles. “El Plan de actuación de Lisboa”, de la carta de Aalborg a la acción.
- 1997 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. “*Protocolo de Kioto*”
- 2000 Tercera conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles.” La Declaración de Hannover de los líderes Municipales en el umbral del siglo XXI”<sup>3</sup>
- 2002 Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo (Sudáfrica), se reafirmó el desarrollo sostenible como el elemento central de la Agenda Internacional y se dio un nuevo ímpetu a la acción global para la lucha contra la pobreza y la protección del medio ambiente.<sup>4</sup>
- 2004 Conferencia Aalborg +10, se convoca a los gobiernos regionales europeos para que se unan a la firma de los compromisos de Aalborg, de España firman el compromiso Ayuntamientos de Albacete, Alicante, Barcelona, Castellón, Córdoba, Huesca, Sevilla y Valencia.<sup>5</sup>
- 2007 Cumbre sobre el cambio climático de Bali, se redefine el Protocolo de Kioto para adecuarlo a las nuevas necesidades respecto al cambio climático.
- 2009 15º Cumbre sobre el cambio climático de Copenhague, la intención era reunir 189 países para llegar a un acuerdo vinculante sobre el cambio climático que permita relevar el protocolo de Kyoto que expira en 2012. El objetivo era conseguir un acuerdo refrendado por la mayoría de países que tenga por objetivo una reducción sustancial de los gases de efecto invernadero, sin embargo no se llegó a ningún acuerdo.

El protocolo de Kioto vino a dar fuerza vinculante para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a este respecto, la Unión Europea, se comprometió a reducir sus emisiones totales medias durante el periodo 2008-2012 en un 8% respecto de las de 1990. No obstante, a cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de «reparto de la carga», de manera que dicho reparto se acordó de la siguiente manera: Alemania (-21%), Austria (-13%), Bélgica (-7,5%), Dinamarca (-21%), Italia (-6,5%), Luxemburgo (-28%), Países Bajos (-6%), Reino Unido (-12,5%), Finlandia (-2,6%), Francia (-1,9%), España (+15%), Grecia (+25%), Irlanda (+13%), Portugal (+27%) y Suecia (+4%).<sup>6</sup>

En lo referente a España, las iniciativas para reducir las emisiones no han sido suficientes. Según el Inventario de Emisiones de la Atmosfera<sup>7</sup>, editado en 2009 por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, las emisiones de gases de efecto invernadero siguen en aumento, para el año 2006 ya habían superado el 48% de las emisiones del año de referencia (1990)<sup>8</sup>.

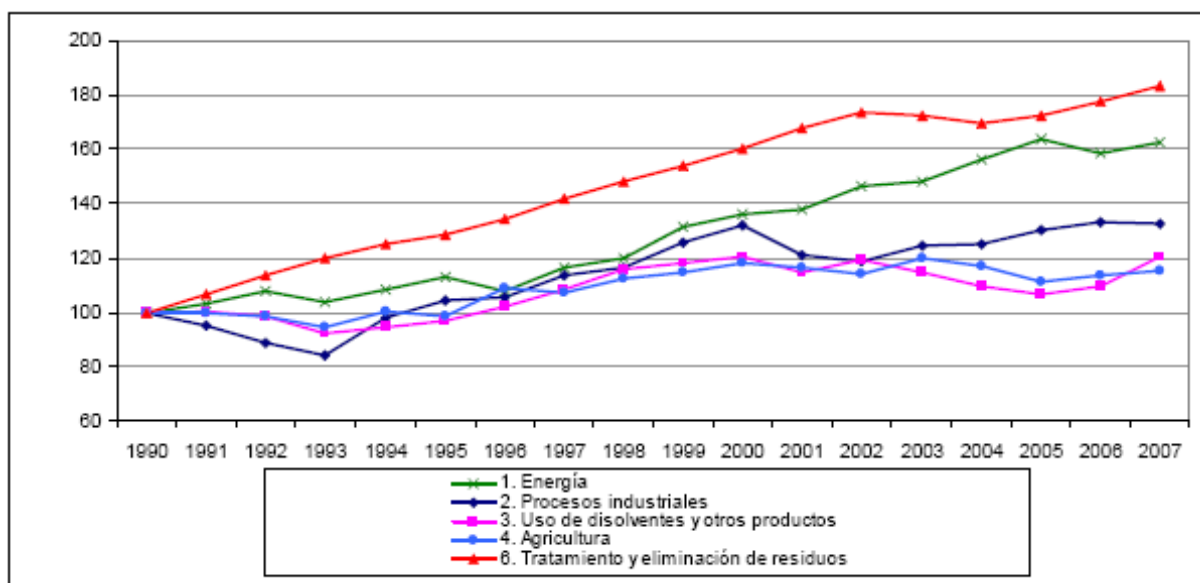


Fig. 1.1 Evolución de las emisiones por grupo de actividad.  
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino

Se establecen por tanto los Planes Nacionales de Asignación de derechos de emisión de GEI (Gases Efecto Invernadero), en los cuales se definen los objetivos de las emisiones de los distintos sectores de la economía incluidos en la Directiva 2003/87 llamados “Sectores incluidos”, resultando que las emisiones de dichas empresas solo suponen el 45%. El resto son generadas por sectores no incluidos en la Directiva, llamados “sectores difusos” (transporte, edificación, equipamiento doméstico, la agricultura)<sup>9</sup>.



## 2 CONSUMOS DE ENERGÍA EN EL ÁMBITO DE LA EDIFICACIÓN.

Los procesos industriales, el uso de energía, los residuos; forman parte del ciclo de vida de la edificación: obtención de materia prima, construcción, vida útil, derribo y reciclaje de residuos.

De todas las fases del ciclo de vida de una edificación (Fig. 2.1 Fases del ciclo de vida de una edificación), claramente el uso tiene la mayor importancia, dada la duración de su vida útil y la magnitud de los consumos y emisiones que se producen durante ella. Se trata de flujos energéticos que dependen de diversas variables que pueden clasificarse como internas (gestión de recursos energéticos, tipos de envolventes y tipologías constructivas) y externas (variaciones en el clima) y que suponen una cantidad equivalente al doble de las emisiones debidas al consumo de energía relacionada con la fabricación de materiales para la creación de más superficie construida.

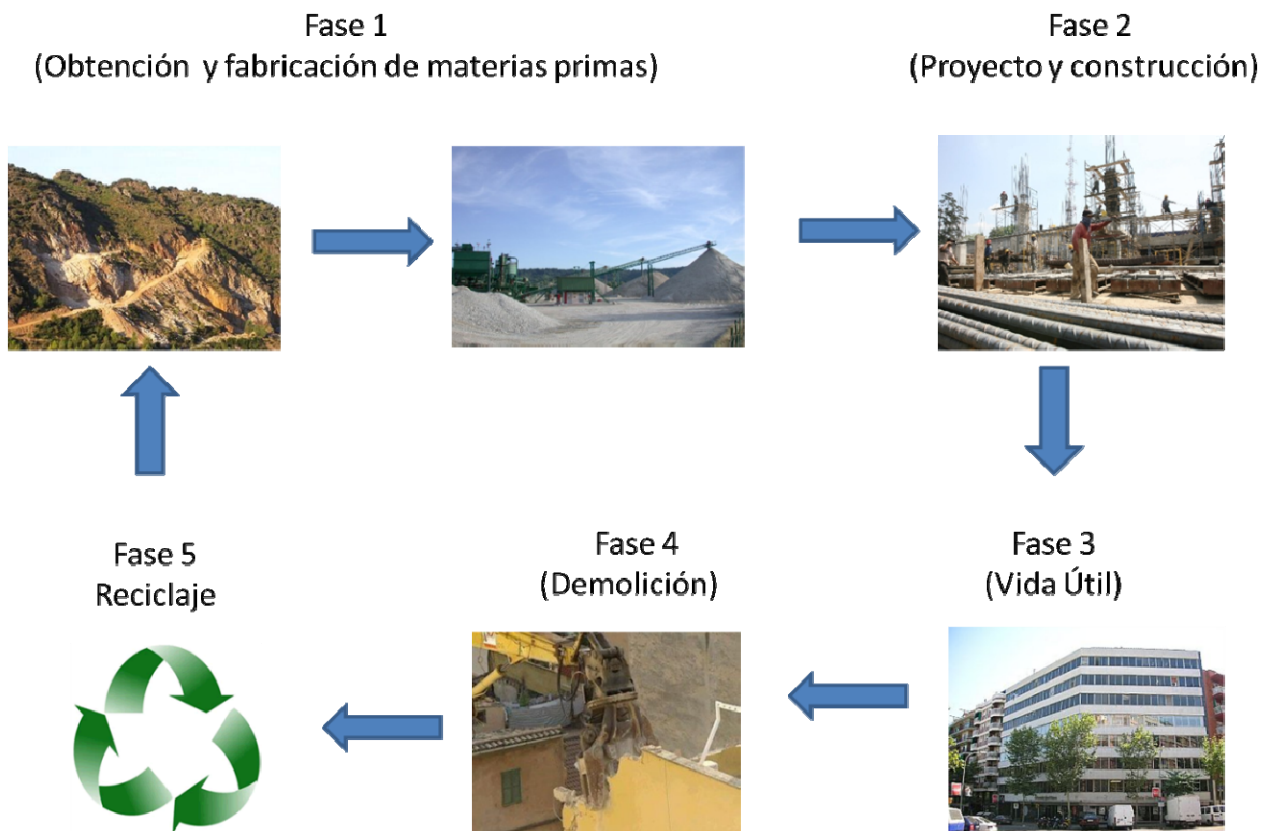


Fig. 2.1 Fases del ciclo de vida de una edificación

Teniendo en cuenta que los factores ambientales no habían sido incluidos dentro de las pautas marcadas dentro de los procesos constructivos hasta el año 2000 con la entrada en vigor de la Ley 38/1999 de Ordenación de la edificación (LOE),<sup>10</sup> entre los que se encontraron diversos aspectos funcionales relativos a la habitabilidad, protección del medio ambiente y ahorro de energía, es inevitable realizar el planteamiento de que la reducción de las emisiones del sector edificación ha de ser aplicada al parque existente.

Los criterios de sostenibilidad ambiental relativos a la eficiencia energética y energías renovables comienzan a formar parte del proceso de la construcción con la entrada

en vigor del Código Técnico de la Edificación, siendo de carácter obligatorio para la nueva construcción y las obras mayores de rehabilitación, sin embargo la intervención sobre las edificaciones existentes es fundamental para reducir las emisiones debidas al uso de energía de los edificios.

Según datos estadísticos del MITYC, sobre los consumos de energía, el sector residencial abarca el 26% del total del consumo en España, teniendo en cuenta que el sector de la construcción solo se corresponde con el 1% del consumo, estos datos comprueban el hecho que la fase útil de la edificación es sin duda la de mayor incidencia en los cálculos de energía.

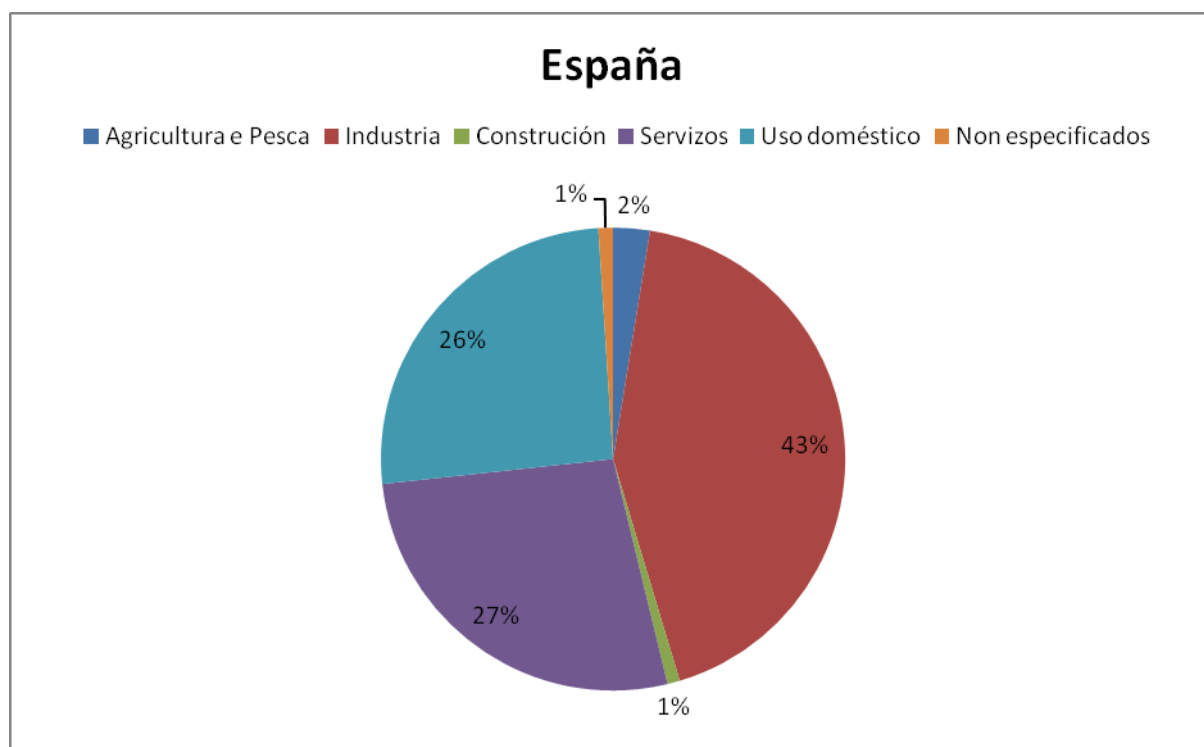


Fig. 2.2 Distribución de energía eléctrica (ktep) por sectores de uso. Media 1990–2007  
Fuente: Gráfica elaborada a partir de datos estadísticos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Estadística de la industria de energía eléctrica<sup>11</sup>

El flujo de energía durante la vida útil de un edificio, está relacionado con los usos energéticos que posean (electrodomésticos, agua caliente, calefacción) y éstos a su vez, con la habitabilidad de los espacios: climatización, iluminación, entre otros. (Fig. 2.3 Utilización de la energía en el sector doméstico)

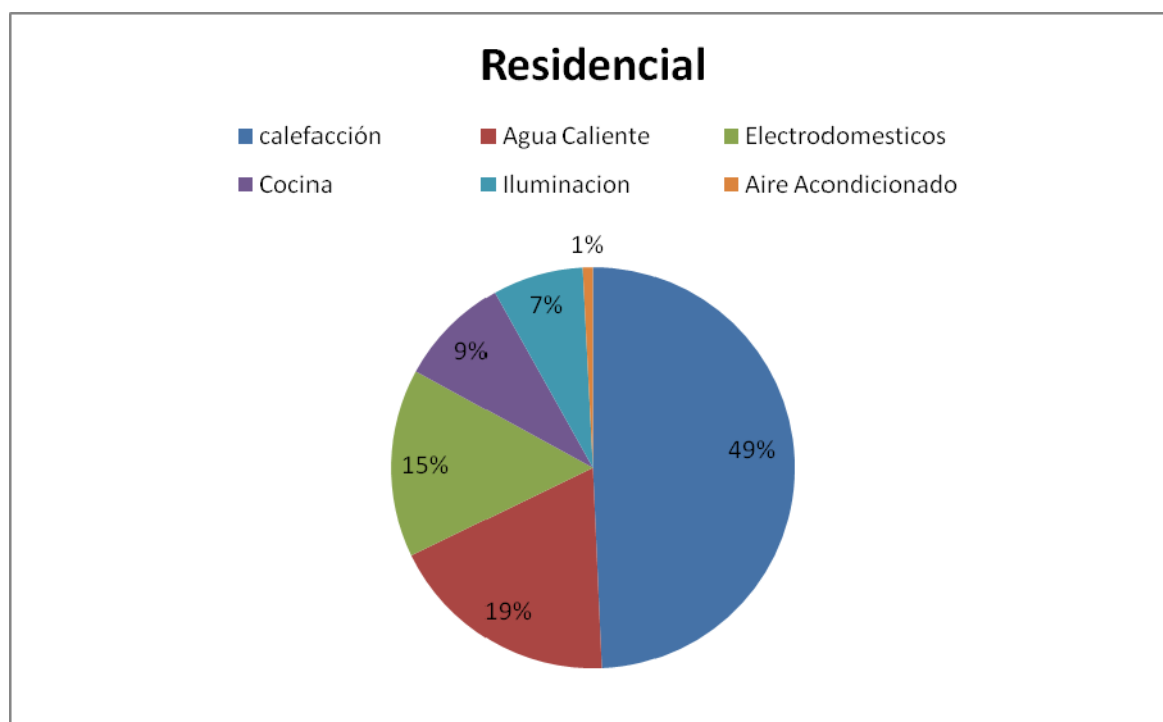


Fig. 2.3 Utilización de la energía en el sector doméstico  
Fuente: INEGA<sup>12</sup>

Con relación a la habitabilidad de los espacios, influye en gran manera como ha sido el desarrollo de las primeras etapas del ciclo de vida de la edificación, ya que los materiales, la disposición de los mismos al generar elementos separadores de espacios y como se relacionan con su entorno, son capaces de limitar el consumo energético durante la vida útil de la edificación.

“Cuando la arquitectura y el arquitecto como proyectista renuncian a aprovechar las posibilidades de interacción entre el edificio y su entorno, el control del balance energético desde la arquitectura desaparece y en consecuencia, las condiciones de habitabilidad están tan solo sujetas a procesos externos, generalmente asociados a maquinas y sistemas, que consumen cantidades significativamente mayores de energía”<sup>13</sup>

Se puede llegar a ser eficaz generando las condiciones de confort requeridas, la aplicación de la normativa vigente es uno de los indicadores de que con cada nueva edificación se deben generar cada vez edificios más eficientes energéticamente, no obstante, se debe tener en cuenta los renglones de antigüedad del parque de viviendas existente, ya que es en éste sentido donde deberían enfocarse los esfuerzos para reducir los consumos energéticos.

Cabe destacar que según datos del Instituto Galego de Estadística, en el año 2005 más del 73% del parque de viviendas eran mayores a 20 años de antigüedad, (Fig. 2.4 Viviendas según su antigüedad. Datos del año 2005) Si observamos de nuevo la gráfica anterior en cuanto al uso de energía en el sector doméstico, salta a la vista que los consumos en calefacción son en parte indicador que la tipología constructiva predominante en la zona, no es energéticamente sostenible.

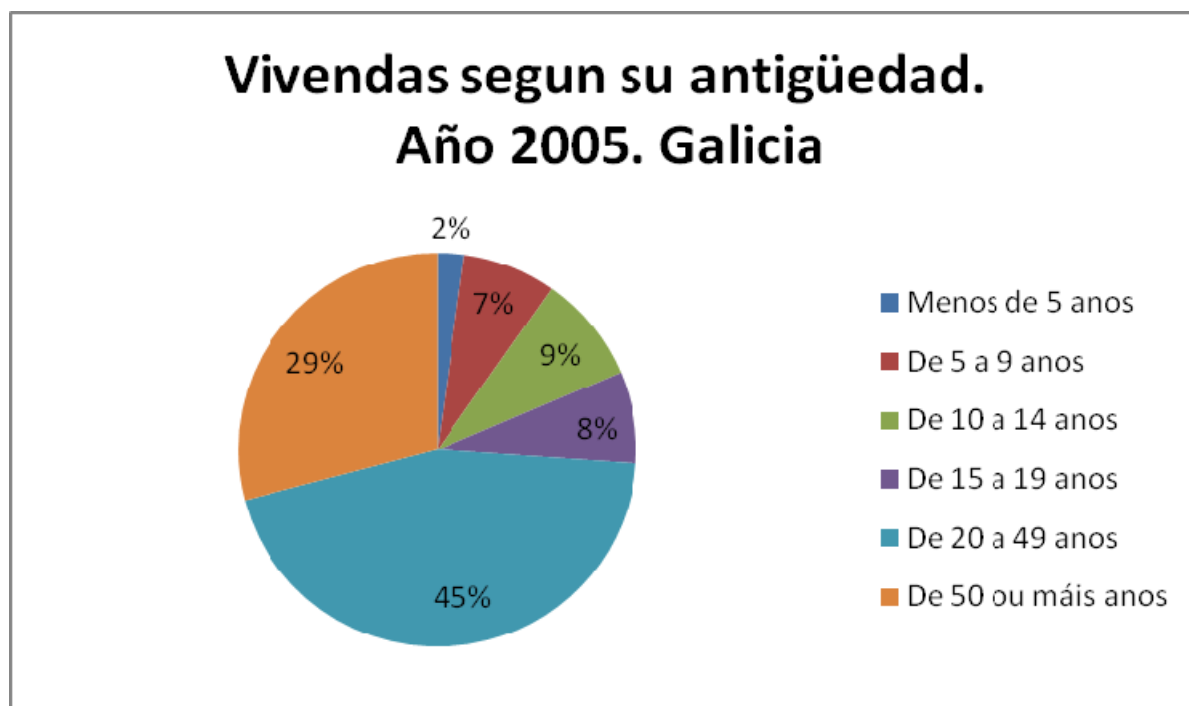


Fig. 2.4 Viviendas según su antigüedad. Datos del año 2005

Fuente: Gráfica elaborada a partir de datos estadísticos de IGE. "Enquisa de condicións de vida das familias".<sup>14</sup>

Entre los años 1950 y 1980, la construcción de edificios experimentó un gran crecimiento, es por eso que el parque actual de viviendas consta en una proporción muy significativa de viviendas construidas durante aquel periodo.

Estas edificaciones fueron concebidas y diseñadas, en algunos de sus aspectos, sin una normativa que estableciera niveles mínimos de calidad o que al menos, pudiera orientar a los técnicos en aspectos relacionados con aislamiento térmico o acústico. La ausencia de inspección y de mantenimiento durante la vida útil de aquellos edificios, cuya calidad constructiva inicial era escasa, empeora su estado de conservación y como consecuencia el envejecimiento prematuro de las viviendas.

La tendencia hasta ahora, había sido el aumento del volumen de obras ejecutadas de nueva edificación, en una proporción casi al doble que el de la rehabilitación. Desde el punto de vista de la viabilidad económica y la sostenibilidad, la rehabilitación es la estrategia más adecuada.

Hablar de rehabilitación es hablar de sostenibilidad, ya que los recursos necesarios para construir un edificio, aun habiendo sido concebido con criterios respetuosos con el Medio Ambiente, siempre serán superiores a los necesarios para rehabilitarlos.

Los requerimientos técnicos que deberían introducirse en las actuaciones de rehabilitación deben ir dirigidos a conseguir los niveles de confort climático y ambiental, utilizando los menores recursos energéticos externos posibles e incorporando criterios de sostenibilidad en los materiales a emplear y en la gestión de las obras.

### 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Como ya se ha comentado anteriormente, la edificación residencial absorbe más del 40% del consumo total de energía, cifra que se agrava aún más si se tiene en cuenta que las necesidades energéticas de nuestra sociedad crecen de manera desproporcionada, y en consecuencia de las emisiones de dióxido de carbono.

La actual crisis económica, que afecta particularmente al sector de la construcción, representa una oportunidad para fomentar la rehabilitación de las edificaciones. Lograr un correcto equilibrio en el empleo de medidas pasivas y activas dentro de la edificación, permite reducir la demanda energética del edificio, al reducir ésta, se obtendrá, no solo un ahorro económico del que se beneficiara el usuario, sino además mejorar la calificación de eficiencia energética y por ende la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>; por ello las normativas europeas han intentado incidir sobre el consumo energético de las construcciones, y contribuir al desarrollo sostenible del planeta, mediante la certificación energética de los edificios, una herramienta similar a la ya empleada en el caso de los electrodomésticos.

Como es sabido, la Directiva Europea 2002/91/CE tiene como objetivo fomentar la Eficiencia Energética de los Edificios y obliga a todos los estados miembros, entre otras cosas, a que todo edificio vaya acompañado de un Certificado de Eficiencia Energética. El RD 47/2007 traspone a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva Comunitaria 2002/91 sobre eficiencia energética de los edificios. Es decir, todos los edificios de nueva construcción en España deben incorporar medidas de ahorro energético y una certificación energética. Además, el Gobierno central está ultimando la normativa que obligará a los edificios existentes en España a disponer de una certificación energética.<sup>15</sup> Esta certificación será similar a la que ya existe para los electrodomésticos, que disponen de los niveles A-G para certificar grados de eficiencia.

Por otro lado, uno de los principios del Anteproyecto de Ley de Economía Sostenible es la “Racionalización de la construcción residencial” donde las administraciones públicas deberán adoptar políticas para la rehabilitación de las viviendas y los núcleos urbanos y la protección del medio ambiente.<sup>16</sup>

Con la aprobación de la ley de economía sostenible y del Real Decreto de Certificación Energética<sup>17</sup> se intenta mejorar la eficiencia energética, reduciendo el consumo de energía y la dependencia energética de las edificaciones existentes. Hasta ahora, la normativa vigente estaba dirigida a los edificios de nueva construcción y a los edificios existentes que sufran modificaciones, reformas o rehabilitaciones. Con el nuevo Real Decreto, el ámbito de aplicación se amplía para obligar a que todos los edificios existentes, cuando se vendan o alquilen, dispongan de un certificado de eficiencia energética.

Existen además sistemas de certificación medioambientales para la edificación:

1. LEED (Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible), es un sistema estándar internacional voluntario, basado en el consenso y en criterios de mercado para desarrollar edificios sostenibles de alta eficiencia, haciendo énfasis en estrategias punteras en Sostenibilidad para; el desarrollo de la parcela, eficiencia en agua, eficiencia energética, selección de materiales y calidad medioambiental interior<sup>18</sup>
2. GBC (Green Building Council), reconoce la reducción de impacto medioambiental del edificio que se evalúa comparado con un edificio de referencia, establece un total de 6

niveles de certificación, aplicables a edificios de uso residencial y oficinas. Los criterios de evaluación están agrupados por las siguientes áreas temáticas: <sup>19</sup>

**A. Selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación:** estrategias para el reciclaje de residuos en la comunidad o proyecto; uso de plantas autóctonas; contaminación lumínica.

**B. Energía y Atmósfera:** uso de energía no renovable en los materiales de construcción; uso de energía no renovable para el transporte en los materiales de construcción; consumo de energía no renovable durante el uso, demanda y eficiencia de los sistemas; demanda de energía eléctrica en la fase de uso; producción de energía renovable en la parcela.

**C. Recursos Naturales:** consumo de agua potable; retención de aguas de lluvia para su reutilización; reutilización de aguas grises; impactos de los materiales de construcción; estrategias para el desmontaje, reutilización y reciclado; impactos generados en el proceso de construcción, residuos de construcción.

**D. Calidad del espacio interior:** eliminación, previa a la ocupación del edificio, de los contaminantes emitidos por materiales nuevos de acabados interiores; concentración de CO<sub>2</sub> en el aire interior; limitación a la velocidad de aire en las zonas con ventilación mecánica; eficiencia de la ventilación en las áreas con ventilación natural; confort higrotérmico en los espacios con ventilación mecánica; confort térmico en los espacios con ventilación natural; iluminación natural en los espacios de ocupación primaria; deslumbramiento en las zonas de ocupación no residencial; nivel de iluminación y calidad de la luz en los puestos de trabajo; protección frente al ruido a través de la envolvente y zonas de ocupación primaria; protección frente al ruido a través de las salas de máquinas a las zonas de ocupación primaria; protección frente al ruido entre áreas de ocupación primaria.

**E. Calidad del Servicio:** eficiencia de los espacios; eficiencia volumétrica; provisión y funcionamiento de un sistema de control de las instalaciones; capacidad de funcionamiento parcial de las instalaciones y sistemas técnicos; capacidad de control local del sistema de iluminación, en las áreas de ocupación no residencial; capacidad de control local de los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación, en las áreas de ocupación no residencial; posibilidad de modificación de las instalaciones técnicas en el edificio; adaptabilidad de los espacios. Limitaciones impuestas por la estructura; adaptabilidad de los espacios, adaptabilidad a cambios futuros en el tipo de suministro energético; desarrollo e implementación de un plan de gestión de mantenimiento; monitorización y control del edificio durante el uso.

**F. Impacto socio económico:** estrategias para mejorar el acceso para personas discapacitadas; derecho al sol; acceso a espacios abiertos privados desde las viviendas; protección a las vistas desde el exterior del interior de las viviendas; acceso visual desde las áreas de trabajo; coste de construcción; coste de mantenimiento; incentivo por la venta ó el alquiler.



## 1 CERRAMIENTOS: RELACION CON LA EDIFICACION Y SU ENTORNO

La envolvente térmica de un edificio, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Los parámetros de ahorro de energía de un edificio se centran fundamentalmente en el análisis de las particiones, tanto verticales como horizontales, de los espacios habitables (aquellos que están calefactados) con el exterior y con los espacios no habitables (aquellos que no están calefactados).

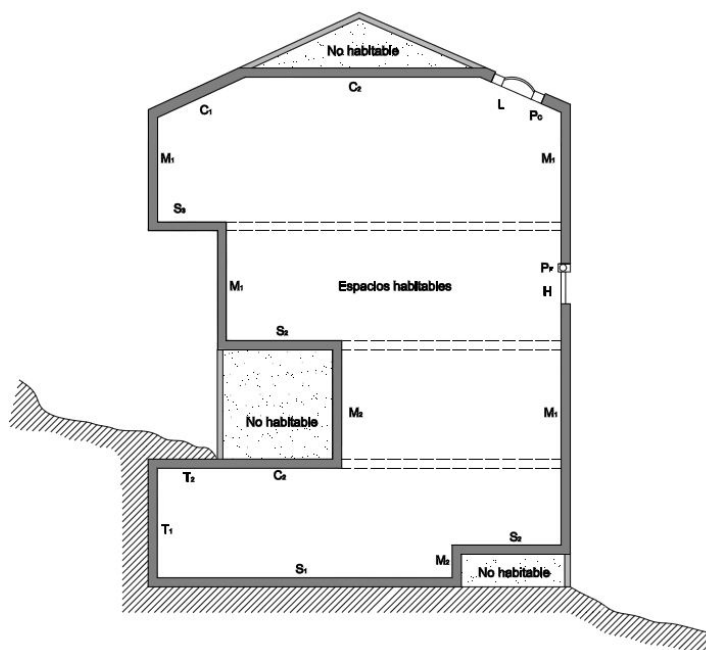


Fig. 1.1 Esquema de la envolvente térmica de un edificio.  
Fuente: CTE HE-1

Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:<sup>20</sup>

**Suelos:** comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que están en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable.

**Medianerías:** comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que formen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad, el cerramiento se considerará a efectos térmicos una fachada.

**Cerramientos en contacto con el terreno:** comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.

**Particiones interiores:** comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

**Cubiertas:** comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación es inferior a 60° respecto a la horizontal.



**Fachadas:** comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación es superior a  $60^\circ$  respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada medido en sentido horario.

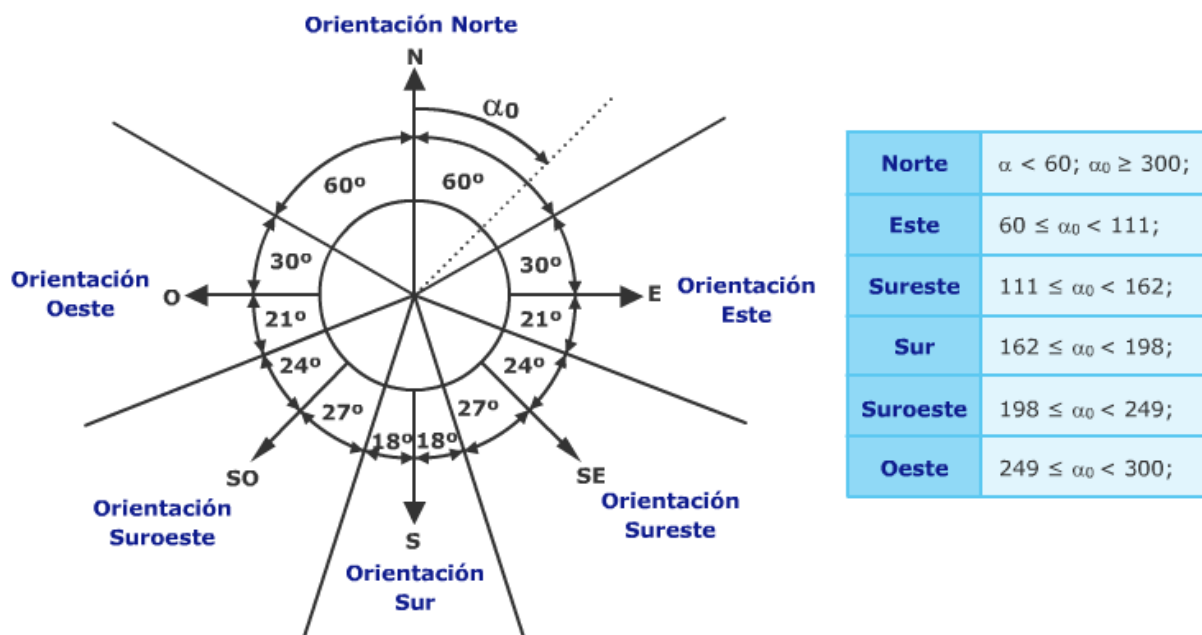


Fig. 1.2 Orientaciones de las fachadas  
 Fuente: CTE HE-1

Estas últimas, serán objeto de estudio en el presente documento.

## 1.1 LA FACHADA

La humedad, el calor, el ruido, son algunas de las agresiones a las que se somete una edificación y a su vez, son factores que determinan las condiciones de habitabilidad de la misma, por lo que las fachadas suponen algo más que un cerramiento para el edificio, ya que son tanto una barrera que evita que las acciones que inciden en ella pasen al interior, como la materialización de la relación entre el edificio y su entorno.

En una misma fachada se distribuyen diferentes funciones en distintas partes según su situación vertical: zócalo, cuerpo central y coronación. En cada una de éstas partes se pueden diferenciar diferentes elementos que pueden resumirse en el siguiente cuadro:<sup>21</sup>

Partes	Elemento	Complemento
Zócalo	Paño ciego Hueco de paso	Carpintería, seguridad
Cuerpo Central	Paño ciego Hueco de ventana Balcón o terraza Mirador	Molduras verticales y horizontales Carpintería, celosía, rejas, etc. Barandilla, celosía Celosía
Coronación	Alero Cornisa	

Tabla 1.1 Componentes de una fachada

A lo largo de la historia la fachada ha experimentado multitud de transformaciones no solo por los distintos estilos arquitectónicos, sino también por la evolución de las técnicas constructivas.

Las normativas de aplicación en lo referente a la resistencia a la intemperie, son cada vez más exigentes. En el Código Técnico de la edificación, se establece que los cerramientos deben construirse de modo que la demanda energética necesaria para alcanzar el confort debe limitarse en función de: la localidad, el uso, el régimen de verano e invierno, por lo que ha de tenerse en cuenta el aislamiento, la permeabilidad al aire, la exposición a la radiación solar.

### 1.1.1 TIPOLOGÍAS DE FACHADA.

Las fachadas pueden clasificarse según su función, en varios aspectos.

- la proyectual y la técnica<sup>22</sup>
- la protectora y de relación<sup>23</sup>

Entendiendo la función proyectual, como la expresividad del edificio, volumen, color, textura, espacios. Recoge el aspecto compositivo, relación de huecos y macizos que determinan el aspecto exterior de la edificación.

La función técnica es la que nos asegura las condiciones de habitabilidad y confort. La habitabilidad persigue la obtención de espacios con un determinado nivel mínimo de confort en función de su uso además de la seguridad de sus ocupantes. El confort, debe estar definido por unas condiciones ambientales de humedad, temperatura, luminosidad y ruido.

La fachada cumple su función como protectora cuando cumple con objeto proteger el espacio interior de las agresiones externas: viento, lluvia, calor-frío, ruido, contaminación, agresiones físicas.

Finalmente la función de relación se establece en términos de intercambio de energía y sustancias: aire exterior, energía térmica, radiación solar.

Basado en las condiciones de funcionalidad, la fachada debe cumplir además las siguientes condiciones:

- *Resistencia y estabilidad*: sea portante o no, la fachada debe cumplir con la resistencia y estabilidad mecánica ante las cargas verticales, gravitatorias y horizontales.
- *Aislamiento térmico y acústico*: debe asegurar el confort y el ahorro energético.
- *Estanqueidad al agua y al aire*: debe actuar como barrera, impidiendo que la acción del agua y del aire incidan en el interior del edificio.

En base a conseguir estas condiciones, las fachadas han ido adoptando diversas tipologías, evolucionando de cerramientos de una sola hoja hasta multicapa (actualidad).

Tomando como punto de partida la función estructural, la fachada puede clasificarse como cerramiento portante o no portante, la diferencia fundamental entre ambos, radica, como su nombre lo indica, en que el primero forma parte del sistema estructural y el segundo es un elemento independiente, y pueden identificarse por el espesor del muro.

#### 1.1.1.1 La fachada como parte del sistema estructural.

Tradicionalmente la fachada cumplía las funciones de estructura y cerramiento del edificio al mismo tiempo, limitando la disposición de aberturas para iluminar y ventilar los espacios.

Estos cerramientos portantes, de gran espesor, están constituidos generalmente por piedra de mampostería o sillería, arcilla (muro de tapia), cerámica, o, una mezcla de todos.

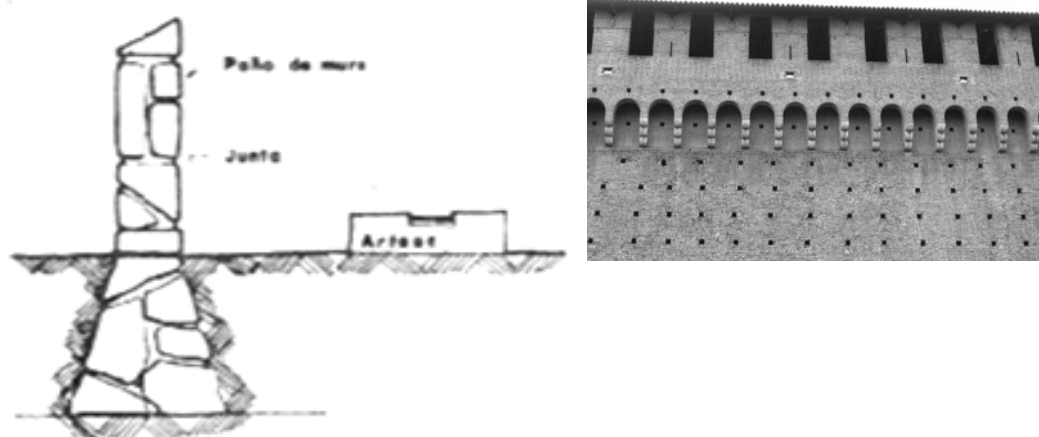


Fig. 1.3 La fachada como parte del sistema estructural.

A mediados del siglo XIX, con la aplicación de la obra de fábrica, disminuyen los grosores, hasta la configuración de un sistema basado en “una interdependencia de paredes para dar estabilidad al conjunto”.<sup>24</sup> La llegada del acero a finales del siglo XIX, y del

hormigón armado a principios del XX, ofrecen resistencia a la edificación y la estructura se independiza del resto del edificio, por lo que la fachada se libera de su función estructural.

Esta tipología constructiva se utilizó hasta la década de los 50, contemplando variaciones en su configuración y la relación entre el muro, los forjados y el resto de cerramientos interiores, repercutiendo en el comportamiento del cerramiento ante el paso de humedades, variaciones de temperatura, ruido exterior, entre otros, dando paso a una nueva tipología de fachada.

#### 1.1.1.2 La fachada como elemento independiente de la estructura.

La difusión de las estructuras porticadas de hormigón y acero a principios de siglo reduce la fachada a un papel de cerramiento. Pero quien se convierte en defensor teórico de este planteamiento es el Movimiento Moderno que propugna entre sus principios fundamentales la composición libre de una fachada no portante.

Al despojarse de su condición estructural, grosor de un muro de fachada deja obedecer a necesidades de estabilidad o resistencia y comienza a responder a la necesidad de masa para el aislamiento acústico y de espacio para alojar el aislante y su cámara de aire, por lo que tiene como condición estar anclado a elementos estructurales de tal manera de asegurar la estabilidad del cerramiento a empujes horizontales y la transmisión de los esfuerzos verticales a los mismos.<sup>25</sup>

Para hacer frente a estos problemas de la fachada convencional, se ha ido evolucionando hacia la progresiva separación de las dos hojas.

El nuevo esquema constructivo, consiste en realizar primero la estructura y posteriormente los cerramientos, a partir de pequeñas piezas encajadas entre pilares y forjados, apoyando la fachada en la estructura.

En los años 40 y 50 se utilizó, el muro de 1 pie (Fig. 1.4) como hoja exterior, lo que ofrecía más estabilidad y mejores condiciones físicas, tanto de aislamiento térmico y acústico, como de resistencia a la filtración del agua de lluvia, trasdosándose con tabique de hueco sencillo y, en ocasiones, manta de fibra de vidrio en la cámara que queda entre ambos. Ello, por otra parte, permitía un mejor apoyo de la hoja exterior en la estructura horizontal de borde.

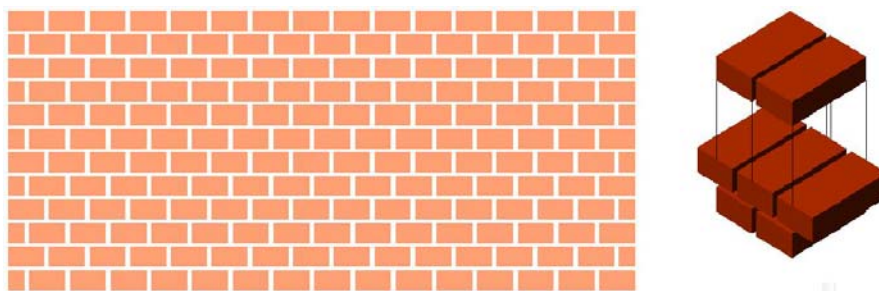


Fig. 1.4 Muro de cerramiento a 1 pie

Cuando se colocaba la hoja exterior de  $\frac{1}{2}$  pie, el trasdosado interior solía ser de mayor espesor, o la cámara de aire más amplia.

En los años 70 se empieza a aligerar definitivamente las fachadas, ejecutando la hoja exterior de  $\frac{1}{2}$  pie (Fig. 1.5 Muro de cerramiento a  $\frac{1}{2}$  pie) de un modo casi exclusivo, tal como nos ha llegado al día de hoy.<sup>26</sup>

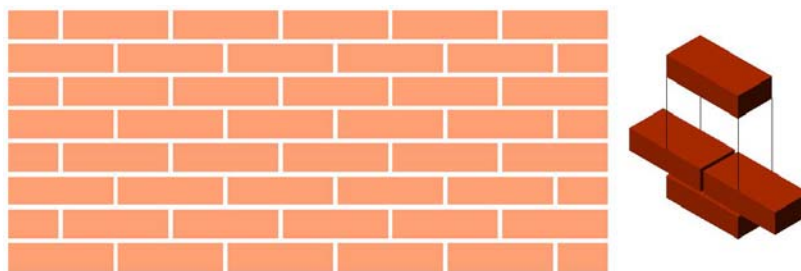


Fig. 1.5 Muro de cerramiento a  $\frac{1}{2}$  pie

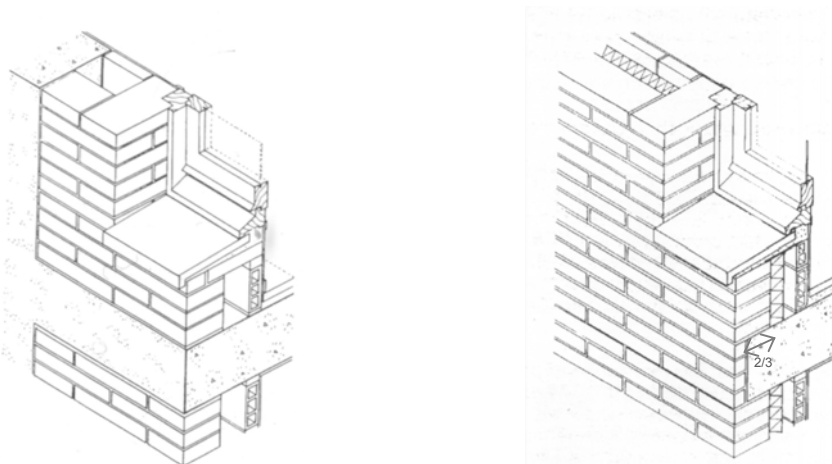


Fig. 1.6 La fachada como elemento independiente de la estructura.

Las tipologías en función de cómo se apoya el cerramiento a la estructura varían, en la imagen anterior se muestran dos de ellas. El primer cerramiento se encuentra apoyado totalmente sobre la estructura, mientras que el segundo se apoya parcialmente. En este último caso, el apoyo horizontal de la hoja exterior del cerramiento ha de ser igual a las dos terceras partes de su espesor, para garantizar la estabilidad ante empujes horizontales y la adecuada transmisión de las cargas verticales de su propio peso al forjado.

#### 1.1.1.3 Fachadas de fábrica.

La construcción de fábrica constituye la forma más tradicional de construir cerramientos, sean o no portantes.

De los gruesos muros de fábrica tradicionales, de piedra o ladrillo, se ha pasado a la subdivisión a principios de este siglo, en dos hojas, inicialmente para eludir el paso del agua, creando una cámara de aire intermedia continua, a la que posteriormente se le ha incorporado aislamiento, generando muros heterogéneos de dos o más componentes, para lograr una mayor eficiencia del conjunto, impidiendo el paso de humedades.

Las fachadas de fábrica, pueden estar constituidas por materiales naturales como tapia, adobe, sillerías y mamposterías; o materiales de fábrica industrializados: cerámicos de arcilla cocida y conglomerados de hormigón entre otros.<sup>27</sup>

Los acabados en fachada más representativos son los siguientes:<sup>28</sup>

Obra de fábrica vista	De piedra			
	Cerámica			
	Bloque de mortero			
	Hormigón armado			
Revestimientos	Continuos	Revoco y pintado		
		Estuco		
		Esgrafiado		
		Monocapa		
	Por elementos	Embaldosados cerámicos		
		Chapados	Pétreos	Adheridos
				Sujetados
			No pétreos	

Tabla 1.2 Resumen de los acabados de fachadas más representativos

### 1.1.2 PATOLOGÍAS EN FACHADAS.

A lo largo de su vida útil, las edificaciones sufren deterioros que pueden ser producidos por diversas causas, como por ejemplo la falta de mantenimiento, errores en los criterios de diseño y constructivos, entre otros. El compendio de las alteraciones que se manifiestan en la edificación, ya sean parciales o totales, son consideradas como patologías.

Causas de Patologías	%
Fallas de diseño y falta de control de obra	75
Falta de mantenimiento	22
Fenómenos accidentales	3

Tabla 1.3 Patologías en la edificación.  
Fuente: Arq. Ana María Elguero <sup>29</sup>

A rasgos generales, las lesiones que pueden observarse en las fachadas de edificios son: fisuras y grietas, desprendimientos, manchas y eflorescencias, degradación del material.

## 1.2 LA CUBIERTA.

Si bien es cierto que la cubierta de una edificación cumple con la función formal de definir el volumen de un edificio, la función principal es la de proteger los espacios habitados de las acciones atmosféricas (agua, viento y temperatura) así como también de organismos vivos (animales y plantas). Es por ello que al definirse una cubierta debe tenerse en cuenta tres consideraciones básicas:

- La solución constructiva, en función del tipo, de la luz a cubrir y de los materiales.
- La solución funcional, según el sistema de drenaje elegido, el espacio interior resultante y los materiales.
- La solución formal, que combina las anteriores y condiciona la expresividad final del edificio.

Las Cubiertas no solo desempeñan el papel de protección contra los agentes climáticos o para privacidad, sino que también debemos considerarla como un elemento estructural que soporta su peso propio y las sobrecargas que actúan sobre el mismo, ya sea por el uso, el viento, la nieve, las vibraciones de la calle, sismos, etc. Trasladando estos esfuerzos a todos los elementos resistentes del edificio.

Los componentes básicos que constituyen la cubierta son: la cobertura, el soporte de la cobertura y la base estructural que estabiliza el conjunto. La siguiente tabla resumen representa la organización constructiva de la cubierta.<sup>30</sup>

Base Estructural	Formación de soporte	Tipo de cobertura	Comportamiento Higrotérmico
Lineales. - Pares, vigas inclinadas, cerchas - Dientes de sierra	- Correas + tableros  - Correas	Discontinua  Continua	Transpirable  No transpirable
Superficial. Forjados horizontales	Tableros sobre tabicas	Discontinua	Ventilada
Superficial. Forjados inclinados	Propio forjado	Continua (bituminosas metálicas)	No ventilada

Tabla 1.4 Componentes de una cubierta

Las condiciones que debe cumplir una cubierta para suplir las necesidades de habitabilidad son:

- Estanqueidad a la penetración de agua, nieve y viento.
- Protección ante soleamiento, frío y calor
- Confort de las estancias ante necesidades térmicas e higrotérmicas.

Tomando como ejemplo la evolución de la cubierta en el modelo edificativo del Ensanche de Barcelona, es el modelo básico que se repite con pequeñas variantes, compuesto de dos techos, uno interior constituido a partir de viguetas escuadradas y bovedillas con las juntas sin rellenar y el superior resuelto muchas veces con troncos de árboles mínimamente desbastados y encima, para que se apoye una primera capa de ladrillos, unas pletinas separadas 30 cm entre ejes. Sobre esta primera capa, se colocaban dos más, la primera en diagonal y la segunda que recupera las directrices inferiores, los cuales forman tres gruesos de ladrillo que son la barrera entre el interior y el exterior desde

de la óptica de la estanqueidad, con unas pendientes del orden del 6 al 8% (cubiertas planas).<sup>31</sup>

A principios del siglo XX se detectan los cambios más radicales en estos sistemas de cubierta, que ya a finales del siglo XIX había sustituido el techo inferior por un tipo de cielo raso.

El modelo de la cubierta inclinada, es el constituido por un techo horizontal (vigüeta y bovedillas macizas) y encima una distribución de tabiquillos palomeros para dar las pendientes de apoyo de la solera.

La evolución de la cubierta, a lo largo del tiempo, se manifiesta tanto en los materiales y en los sistemas constructivos como en la forma de solucionar los requerimientos funcionales.

Siguiendo el criterio de las tres consideraciones básicas mencionadas anteriormente, las cubiertas se clasifican principalmente en: inclinadas y planas.

La cubierta inclinada es una solución constructiva basada en una pendiente, integrada por distintos planos inclinados que favorecen la eliminación del agua y se unen con el solape de pequeñas piezas de protección.

Las distintas variantes pueden diferenciarse por su solución formal o por su solución constructiva.<sup>32</sup>

Las variantes formales se pueden distinguir según la disposición y geometría de los planos de los faldones: a un agua, a dos aguas, en pabellón, en chapitel, en bóveda y en cúpula.

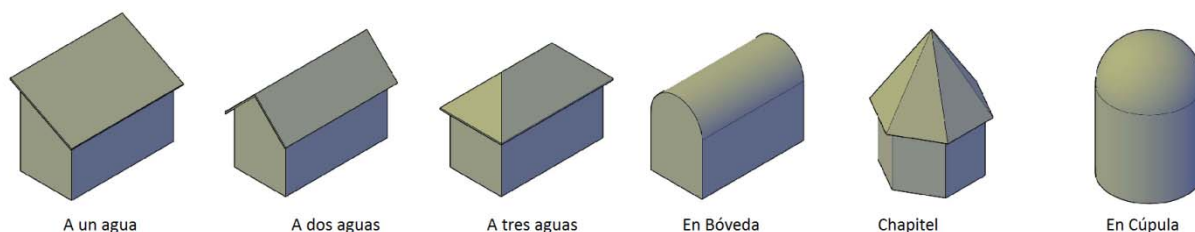


Fig.1.7 Variantes formales

Todas las soluciones formales pueden combinarse entre sí o variarse para poder adaptarse a la solución arquitectónica en cada caso, lo que aporta una gran riqueza formal.

Las variantes constructivas consecuencia del material de cobertura, son las siguientes:

- Tejas curvas: son elementos de cobertura en forma de canalón, cuyo diseño permite obtener valores variables de solape entre las piezas. Los bordes pueden ser paralelos o convergentes.
- Teja cerámica mixta y plana: Son elementos de cobertura con un perfil curvo y plano (teja mixta), o con un perfil plano (teja plana), que pueden tener un sistema de encaje longitudinal y transversal, simple o múltiple, para el ensamblaje estanco de las piezas contiguas en filas verticales e hiladas horizontales.





Fig. 1.8 Variantes constructivas

La teja es una de las soluciones de cobertura de más tradición en nuestras latitudes. Aparentemente inalterable a lo largo del tiempo, ha ido incorporando paulatinamente algunos de los avances de la industrialización que parecían característicos de elementos constructivos ‘tecnológicamente más avanzados’. De los cambios producidos en las cubiertas de teja y de la puesta al día de sus requerimientos, sobre todo a partir de la transformación del ‘desván ventilado’ en ‘desván habitable’, escribe Jaume Avellaneda, catedrático de Construcción de la Escuela de Arquitectura del Vallès, Barcelona.

### 1.2.1 PATOLOGÍAS EN CUBIERTAS

Al ser la cubierta la parte del edificio más expuesta a los agentes atmosféricos, los procesos patológicos que le afectan tienen una dependencia directa de aquellos, i sobre todo, de la lluvia y de los cambios higrotérmicos.

Basado en esa premisa, las lesiones más corrientes que puede sufrir una cubierta son: roturas que facilitan las filtraciones, humedades y desprendimiento de las tejas.

- Las roturas y grietas afectan a los faldones de cualquier tipo de cubierta y suelen deberse a las variaciones dimensionales que sufren por la dilatación y contracción a que se ven sometidos por los cambios de humedad y temperatura.
- Las humedades, se presentan igual que en las fachadas, como la aparición no prevista de agua en algún punto de la cubierta, tanto debajo de ella (goteras) como en algún elemento constitutivo de la misma. Los dos tipos de humedades más corrientes son: de filtración (la que entra desde el exterior a través de la cubierta, manifestándose como gotera o mancha de humedad) y la de condensación (la que se produce como consecuencia de alcanzar el punto de rocío el vapor de agua que atraviesa el cerramiento de la cubierta).
- Los desprendimientos afectan al material de cobertura de cualquier cubierta (plana o inclinada) iniciándose de una mala sujeción, que facilitan su desprendimiento al sufrir esfuerzos rasantes por dilatación/contracción, y una posterior succión por el viento.

## 2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO

El Código Técnico de la Edificación, contempla la eficiencia energética de los edificios a través del documento básico HE-1 dedicado al ahorro de energía, donde define las condiciones de limitación de la demanda y propone como herramienta “oficial” de evaluación el programa LIDER, desarrollado por el Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.

Al ser una herramienta asociada al cumplimiento de la normativa centra el análisis en las características de la envolvente del edificio (cerramientos verticales, cubiertas, soleras, etc.).

Los parámetros de confort para las diferentes épocas del año son prefijados por el programa, así como las características del uso del edificio (aportes internos por ocupación y aparatos).

De las herramientas, no oficiales para prever el comportamiento energético de los edificios se encuentra el software DesignBuilder, desarrollado la Universidad de Illinois en colaboración con el U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory, GARD Analytics, Inc., la Universidad Estatal de Oklahoma y el Departamento de Energía de USA.

Cabe destacar que dicha aplicación se especializa en el análisis térmico, lumínico y energético de edificios. Ofrece la posibilidad de evaluar los niveles de confort y las emisiones de CO<sub>2</sub>, y exportar datos al programa LIDER.

La metodología de análisis se basará en el uso de ambos programas, con la finalidad de obtener un análisis exhaustivo del comportamiento térmico de la edificación.

La evaluación de la demanda energética de una edificación puede realizarse de diferentes maneras en función de la información disponible de todos los factores que la condicionan y de los objetivos del análisis que se pretenden realizar. Pueden realizarse desde rápidos análisis de estimación de la demanda a partir de valores de referencia, o análisis detallados que generalmente realizan un balance energético de la edificación para un período determinado y que, dependiendo del nivel de detalle y rigor del análisis, servirán para aproximarse más seriamente a lo que puede ser el desempeño energético del edificio.

El balance energético del edificio, puede realizarse considerándolo como un volumen único con una piel separadora del ambiente exterior (monozona) o como la sumatoria de espacios con perfiles de ocupación diferentes, con diferentes elementos constructivos separadores (multizona).<sup>33</sup>

## 2.1 CTE HE-1: PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

La norma en vigor anterior a la aparición de la HE 1 es el Real Decreto 2429/1979, NBE-CT-79, condiciones térmicas en los edificios.

En esta normativa se limitaba la transmisión de calor en los cerramientos, mediante el coeficiente de transmisión térmica K (en la HE1 mantiene el concepto pasándose a denominar transmitancia U), y se introducía un coeficiente global del edificio, el  $K_G$ . No se introducían límites a las pérdidas por los huecos. Se limitaban las condensaciones superficiales e intersticiales mediante el empleo de la temperatura de rocío. Se limitaba la permeabilidad al aire de las carpinterías.

El Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado mediante Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, es el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición adicional segunda de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Entre las exigencias básicas reguladas por el CTE, se encuentran las “exigencias básicas de ahorro de energía HE”, que contiene, entre otras, la “Exigencia básica HE1: “limitación de demanda energética”, que establece que los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Existen dos opciones para limitar térmicamente los edificios: la simplificada y la general.

Ambas opciones resultan válidas para cumplir con los condicionantes del apartado HE1 del Código Técnico.

La opción simplificada es mucho más rápida que la opción general pero a su vez más conservadora, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que compone su envolvente térmica.

La opción general, se basa en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de esta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción.

Por su procedimiento de verificación la opción simplificada es más exigente que la opción general, de forma que si un edificio cumple con la opción simplificada cumple también con la opción general, pero no necesariamente a la inversa. Un edificio puede cumplir con la opción general y no cumplir con la opción simplificada.

### Opción simplificada

El objeto de la opción simplificada es:

- Limitar la demanda energética de los edificios indirectamente, estableciendo valores límite de los parámetros de transmitancia térmica (U) y del factor solar modificado (F) de los componentes de la envolvente térmica.
- Limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas.
- Limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios.
- Limitar en los edificios de viviendas la transmisión de calor entre las unidades de uso calefactadas y las zonas comunes no calefactadas.

Puede utilizarse cuando se cumpla simultáneamente que:

- El porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60 % de su superficie.
- El porcentaje de lucernarios sea inferior al 5 % de la superficie total de la cubierta.
- Como excepción, puede haber porcentajes de huecos mayores del 60 % en aquellas fachadas cuyas áreas supongan menos del 10 % del área total de las fachadas del edificio.

Se excluyen aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales como invernaderos adosados, muros parietodinámicos, etc.

### Opción General

El objeto de la opción general es:

- Limitar la demanda energética de los edificios directamente, evaluando dicha demanda de dos formas diferentes:
  - Como edificio objeto, es decir, el edificio tal cual ha sido proyectado en geometría, construcción y operación.
  - Como edificio de referencia, que tiene la misma forma, tamaño, zonificación interior, uso, y obstáculos, que el edificio objeto. Y unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta y unos elementos de sombra que garantizan el cumplimiento de las exigencias de demanda energética.
- Limitar la presencia de condensaciones en la envolvente térmica.
- Limitar las infiltraciones de aire para las condiciones establecidas.

La única limitación que presenta esta opción es su uso en edificios con soluciones constructivas innovadoras, ya que no se pueden introducir sus modelos en el programa informático que se utilice.

Si se utilizasen soluciones constructivas no incluidas en el programa, se justificarán en el proyecto las mejoras de ahorro de energía introducidas.

## 2.2 DESIGNBUILDER.

DesignBuilder, es un software especializado en el análisis térmico, lumínico y energético de edificios en cualquier parte del mundo que ofrece la posibilidad de evaluar los niveles de confort y las emisiones de CO<sub>2</sub>, además de ser el primer interface gráfico exhaustivo para el programa de simulación térmica dinámica EnergyPlus.

Esta herramienta informática, permite proyectar edificios con menores consumos energéticos, contribuyendo de manera significativa a la práctica de la arquitectura sostenible.

Está basado en el motor de cálculo DOE2 (motor de cálculo que realiza las operaciones de simulación necesarias para la obtención de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los distintos conceptos de consumo presentes en el edificio), que es el mismo que el CALENER.

Ha sido concebido para emplearse en cualquier etapa del proceso de diseño, así como en el análisis de edificios existentes.

En cuanto a la modelización del objeto, permite que se importen archivos en 2d y 3d a partir de los cuales se pueden generar los volúmenes que conforman la edificación, pudiéndose dividir el volumen por espacios (zonas) a las que pueden asignarse usos diferentes.

Los cerramientos de la edificación pueden configurarse utilizando la base de datos del programa o personalizarse según las necesidades del modelo, pudiendo configurar materiales no incluidos en el programa añadiendo las características del mismo.

Los resultados del análisis, arrojan datos sobre confort (temperatura del aire, radiante y operativa, así como también humedad relativa); ganancias internas (balance térmico de iluminación, ocupación, ganancias solares por ventanas exteriores); cerramientos y ventilación (balance térmico y aire fresco); desglose de combustible (iluminación, generación de calor y agua caliente); totales de combustible (gas y electricidad); producción de CO<sub>2</sub> (expresado en kg).

Todos estos datos, pueden visualizarse en intervalos de tiempo (anual, mensual, diario, horario, subhorario); presentados como datos de celda, gráficas, tabla o una combinación de ambas.

36 Rehabilitación energética en edificaciones de más de 30 años mediante el uso de recursos informáticos.  
Aplicación a una edificación ubicada en la Provincia de Pontevedra.

---

## 1 REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EDIFICACIÓN EXISTENTE.

El análisis de la hipótesis planteada, se lleva a cabo mediante el estudio de la envolvente de una edificación existente. Se pretende analizar las características arquitectónicas (forma, volumen) y constructivas (materiales) del mismo.

La disponibilidad y el acceso a la información se consideraron como factores muy importantes, ya que disponer de los antecedentes sobre las intervenciones realizadas a la edificación, arrojan importantes datos sobre el estado actual del mismo.

Los diversos parámetros que definen el modelo de edificio son: el parcelario, la planta, la fachada, la sección y la ordenanza.<sup>34</sup>

- El parcelario, constituye el plano de partida para todo el proceso de la edificación. Determina el espacio al que ha de limitarse el desarrollo de la planta de una edificación, puede ocuparse total o parcialmente.
- La planta, depende directamente del parcelario y de la ordenanza respecto al fondo edificable.
- La fachada, regulada por normativa, tanto en cuanto a su comportamiento térmico, tipología constructiva, altura máxima, etc.
- La sección, asociado al hecho constructivo, como están formados los diferentes elementos que conforman el edificio.
- La ordenanza, es la que fija definitivamente los parámetros geométricos del edificio.

### 1.1 MARCO NORMATIVO

Desde el punto de vista normativo, el presente estudio se ha desarrollado teniendo en cuenta lo establecido en el Código Técnico de la Edificación, parte HE1y los productos empleados disponen son orientativos y disponen de la documentación que acredita la disponibilidad del Mercado CE.

### 1.2 ENTORNO GEOGRÁFICO Y CLIMATOLÓGICO

La edificación se encuentra situada en la Provincia de Pontevedra (Galicia), en el Término Municipal de Vilagarcía de Arousa.

Vilagarcía de Arousa es un pequeño municipio perteneciente a la provincia de Pontevedra (Galicia) que se encuentra situado en la costa del Atlántico Norte.

El núcleo urbano limita al norte y oeste con la ría de Arousa y el ayuntamiento de Catoira, al Sur con el de Vilanova de Arousa, al Este con el de Caldas de Reis.

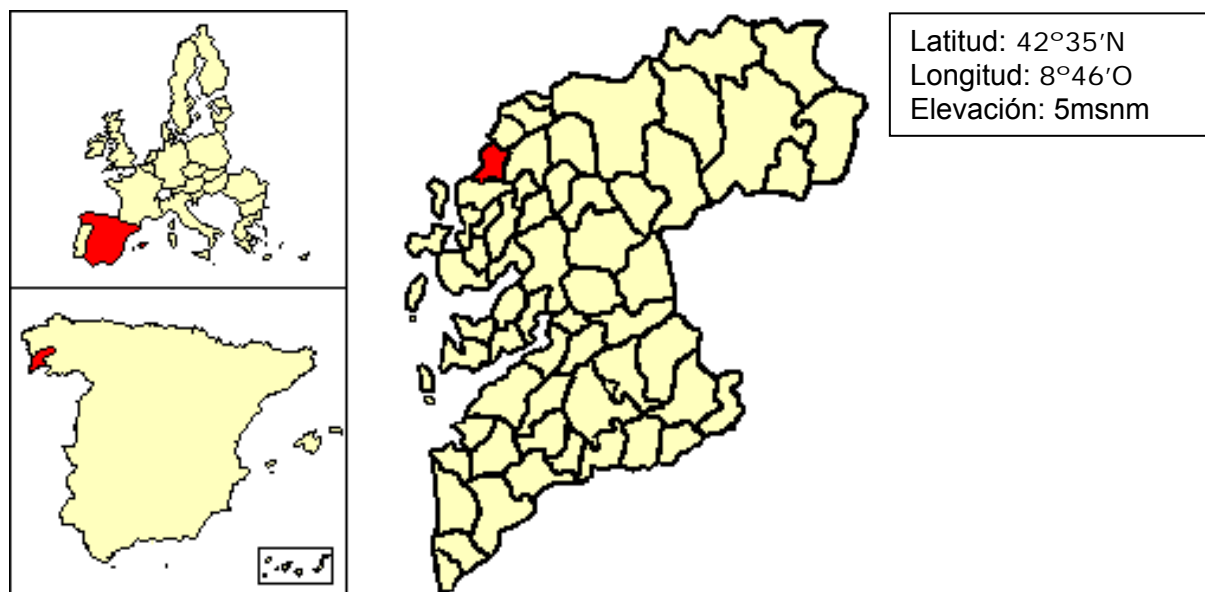


Fig. 1.1 Ubicación geográfica Vilagarcía de Arousa

\*La climatología representativa de la zona es la siguiente: <sup>35</sup>

La temperatura media de las máximas en invierno se encuentra entre 14°C y 16°C.

La temperatura media de las mínimas en invierno se encuentra entre 4°C y 8°C.

La temperatura media de las máximas en verano se encuentra entre 24°C y 28°C.

La temperatura media de las mínimas en verano se encuentra entre 13°C y 16°C.

Tiene unas precipitaciones elevadas (1.828 mm) y una humedad promedio de 76,48%

\*Estos datos, servirán para la configuración de la zona climática en el análisis de la edificación en el programa Designbuilder, ya que a pesar de poseer una gran base de datos sobre zonas geográficas y su climatología, al ser Villagarcia un lugar tan específico no se encuentra dentro de los datos predeterminados en el programa.

### 1.3 DATOS BÁSICOS DE LA EDIFICACIÓN:

Se trata de una edificación en esquina cuya construcción data del año 1960, orientada en dirección Suroeste, de perímetro regular y forma ligeramente trapezoidal, con un cuerpo saliente en plantas altas en sus fachadas sur y oeste. Ocupa una superficie total de 206,00 m<sup>2</sup>. Cuenta con PB + 3 y cubierta en aguas (con espacios bajo cubierta habitables).

Se encuentra situado en una manzana cerrada, entre medianeras, con edificaciones colindantes por el noreste y el sureste. Cuenta con frente a dos calles:

- Noroeste: Calle Arcebispo Lago, cuenta con 10,00 metros de longitud de fachada
- Suroeste: Calle Brandariz, cuenta con 18,00 metros de longitud de fachada



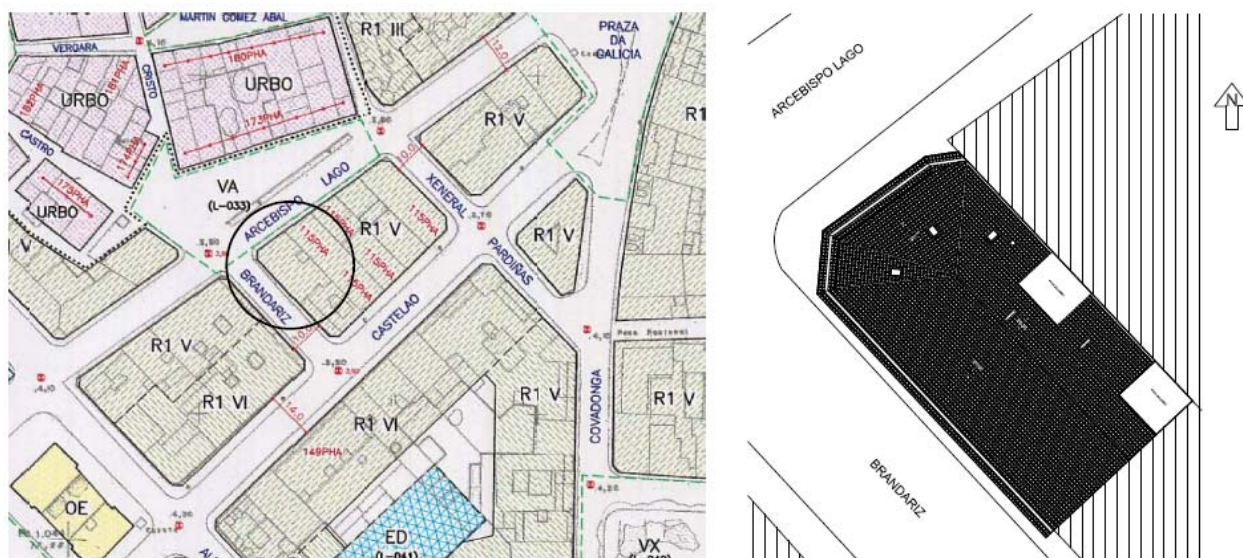


Fig. 1.2 Situación y emplazamiento.

### 1.3.1 DATOS URBANÍSTICOS:

El ayuntamiento de Vilagarcía de Arousa se rige urbanísticamente por el PLAN XERAL DE ORDENACION MUNICIPAL.

Según la normativa vigente, el terreno sobre el que se sitúa la edificación está clasificado como: SUELO ORDENANZA 1. EDIFICACION ENTRE MEDIANERAS (R1), siendo de aplicación las determinadas establecidas por este plan para este tipo de suelo.<sup>36</sup>

Las características que presenta la edificación, cumple con todos los parámetros que le son de aplicación, especificados en la siguiente tabla:

	NORMATIVA	EDIFICACIÓN
<b>Parcela mínima</b>	120,00 m2	206,00 m2
<b>Frente mínimo</b>	6,00 m	29,75 m
<b>Altura en nº de plantas</b>	B + 5 + BC	B + 3 + BC
<b>Altura máxima</b>	15,60 m	12,65 m
<b>Altura cubierta</b>	5,00 m.	4,70 m.

## 2 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL, APLICACIÓN DE LA OPCIÓN GRAL.

En este apartado se reflejarán los parámetros y datos de partida necesarios para la verificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1 Limitación de demanda. Se ha tomado como referencia de tipología constructiva la envolvente de un edificio del mismo año rehabilitado por iniciativa conjunta de ADIGSA y Rockwool Peninsular SAU.<sup>37</sup>

Vilagarcía de Arousa (Pontevedra): zona climática C1 (Apéndice D tabla D.I Zonas climáticas)

### 2.1.1 CONFIGURACIÓN.

La edificación cuenta con una planta baja destinada a uso comercial y 3 plantas altas con aprovechamiento de bajo cubierta.

La planta tipo (Fig. 2.1 Planta tipo), se encuentra distribuida en 2 viviendas separadas por el núcleo de escaleras. La primera de ellas orientada a dos calles, por un lado hacia el noroeste y por el otro al suroeste, orientación que también corresponde a la vivienda B. Ambos tipos de vivienda, tienen ventilación e iluminación natural a través de las fachadas y patios internos. Por lo tanto, la edificación cuenta con un total de 8 viviendas.

Cabe destacar que el sistema de calefacción de las viviendas ha sido incluido por los habitantes, ya que la edificación no cuenta con dichos sistemas.

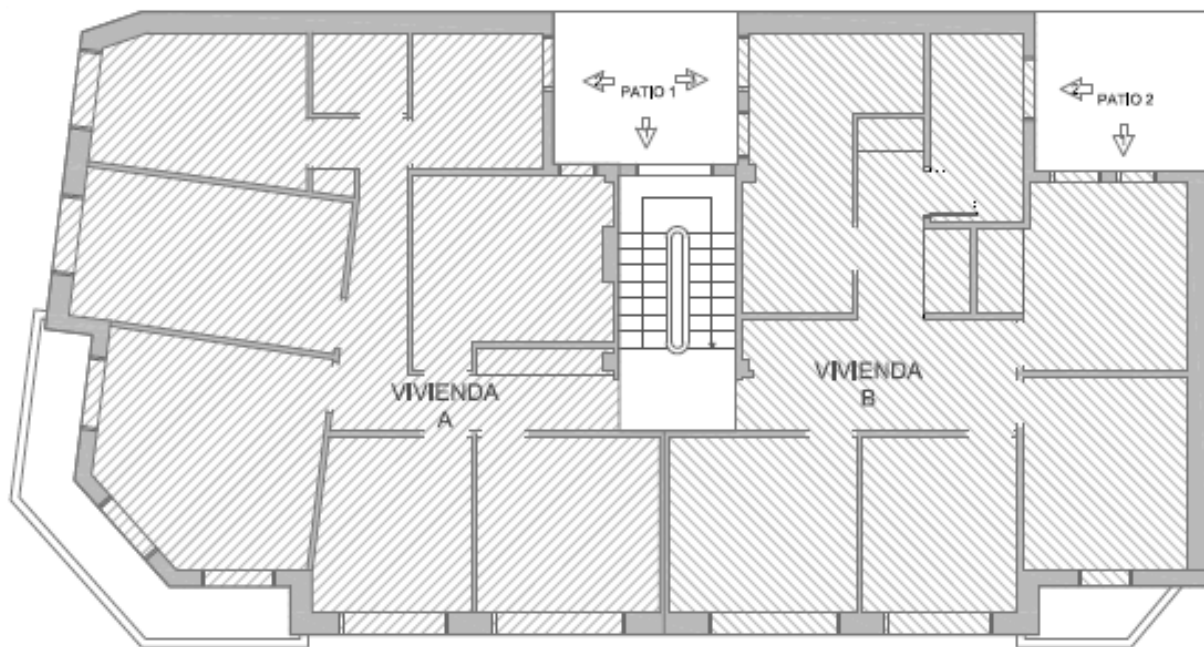


Fig. 2.1 Planta tipo

### 2.1.1.1 Fachadas

Las fachadas son de doble hoja, formadas por: enfoscado de mortero de cemento (1,5 cm.), fábrica de LP de 1 pie, trasdosado con tabique de hueco sencillo no posee aislamiento.

Las fachadas con orientación este forman parte de la medianería de la parcela, por lo que no poseen ventanas, sin embargo es de destacar que las fachadas internas ubicadas en los patios de luces tienen el mismo tratamiento que las fachadas exteriores.

El porcentaje de huecos (puertas y ventanas) en cada fachada del edificio es la siguiente:

FACHADAS (ENVOLVENTE TÉRMICA)			
Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Superficie huecos (m <sup>2</sup> )	% huecos
Noroeste	90,73	17,76	20%
Suroeste	185,70	48,42	26%
Oeste	15,76	2,61	17%
Patio 1 F1	39,36	9,8	25%
Patio 1 F2	29,5	6,67	23%
Patio 1 F3	29,5	7,35	25%
Patio 2 F1	37,25	6,41	17%
Patio 2 F2	31,01	5,32	17%

Tabla 2.1 Porcentaje de huecos

Las carpinterías de las ventanas originalmente son de madera lacada en color blanco, con vidrios simple. Las persianas y sus cajas son del mismo material que el resto de la carpintería y las tipologías de ventanas son las siguientes:

VENTANAS				
Tipo	h	l	% Marco	Característica
H1	2,1	1	37%	2 hojas
H2	2,1	1,3	30%	2 hojas
H3	1,4	2,4	26%	4 hojas(2 fijas)
H4	1,4	1,95	29%	4 hojas(2 fijas)
H5	1,4	1,33	32%	3 hojas(1 fija)
H6	1,4	1,45	30%	3 hojas(1 fija)
H7	1,1	1,4	16%	1 hoja fija
H8	2,1	0,7	34%	1 hoja
H9	2,1	0,85	30%	2 hojas
H10	1,1	1,15	42%	2 hojas
H11	1,1	0,9	41%	2 hojas
H12	1,1	0,7	42%	1 hoja
H13	1,1	0,5	51%	1 hoja

Tabla 2.2 Tipología de ventanas



Fig. 2.2 Fachada suroeste

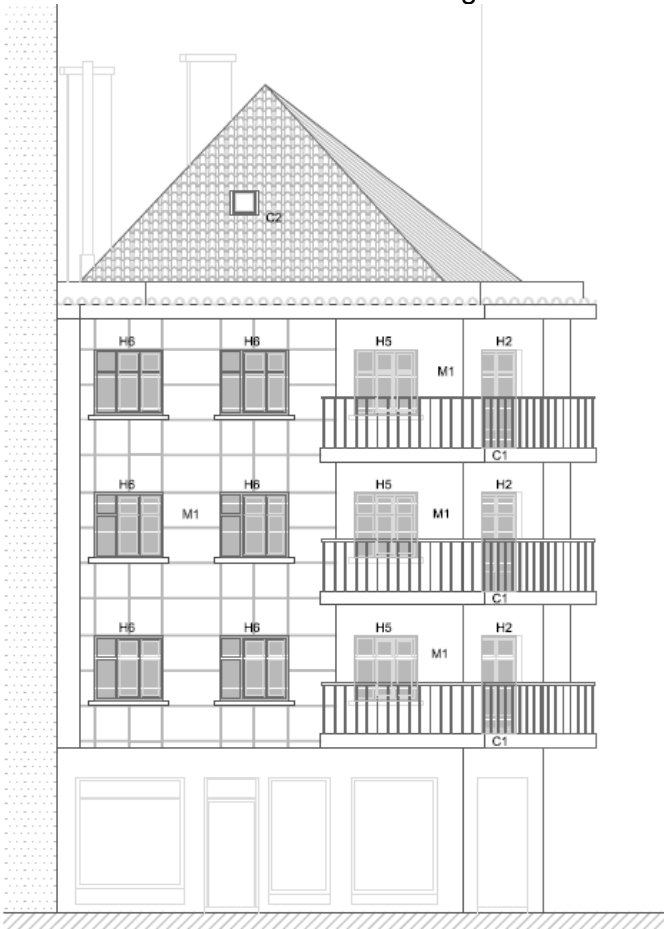


Fig. 2.3 Fachada noroeste

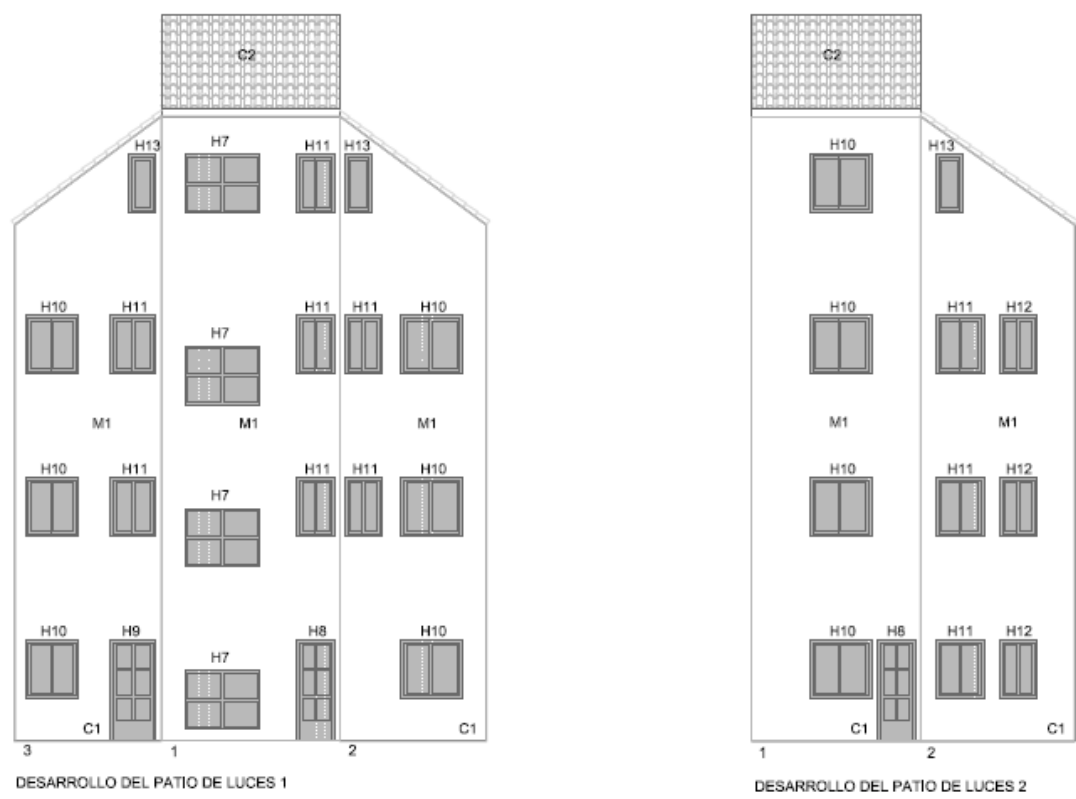


Fig. 2.4 Desarrollo de patios de luces

### 2.1.1.2 Cubierta

La cubierta está constituida por viguetas y tabiquillos palomeros que soportan una loseta de bovedilla y acabado exterior de teja plana, con un peto perimetral y canalones ocultos. (Fig. 6.2 )

Se encuentra distribuida en cuatro faldones, uno de ellos se encuentra direccionado hacia la fachada medianera, (Fig. 6.3 Encuentro de cubierta con medianera norte), creando zonas en las que por su difícil acceso para limpieza y mantenimiento, favorecen la acumulación y estancamiento del agua, la cual finalmente, acababa dentro de las viviendas filtrándose por los cerramientos y a través de las losas.

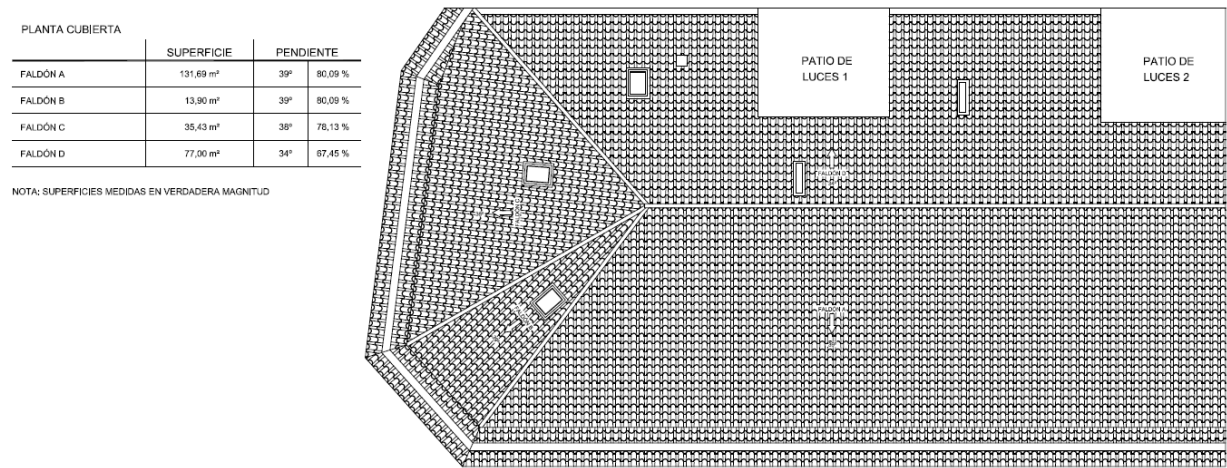


Fig. 2.5 Planta de distribución de cubierta.

## 2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

Los espacios definidos en el HE 1 se componen de recintos, que podrán ser habitables o no habitables, cuya delimitación corresponde con habitaciones o estancias en el caso de viviendas.

La clasificación de los espacios del edificio en función de si son habitables o no, de su carga interna y de su higrometría (estas dos últimas sólo para espacios habitables) se recoge en la siguiente tabla:

EDIFICIO		ESPACIOS			
Planta	Recinto	Nombre	Habitable	Higrometría	No habitable
Baja	Bajos comerciales	P01	-	-	x
Primera	Vivienda A	P02_E01	x	3	-
	Vivienda B	P02_E02	x	3	-
	Núcleo de escaleras	P02	-	-	x
Segunda	Vivienda A	P03_E01	x	3	-
	Vivienda B	P03_E02	x	3	-
	Núcleo de escaleras	P03	-	-	x
Tercera	Vivienda A	P04_E01	x	3	-
	Vivienda B	P04_E02	x	3	-
	Núcleo de escaleras	P04	-	-	x
Planta Bajo Cubierta	Vivienda A	P05_E01	x	3	-
	Vivienda B	P05_E02	x	3	-
	Núcleo de escaleras	P05	-	-	x

Tabla 2.3 Clasificación de los espacios

## 2.2 DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO

La envolvente térmica está formada por todos los elementos que separan los espacios habitables del ambiente exterior (aire exterior, terreno y otros edificios) y de los espacios no habitables.

De esta forma el cerramiento exterior del bajo comercial y el núcleo de escaleras no se consideran parte de la envolvente térmica, ya que limita un espacio no habitable del ambiente exterior. Sí forman parte de la envolvente el forjado sobre ellos y la separación entre el núcleo de escaleras y las viviendas.

La definición de la envolvente térmica y la clasificación de sus componentes, tanto los (fachadas, cubiertas, etc.) en contacto con el ambiente exterior (aire, terreno y otros edificios) como las en contacto con espacios no habitables, se recogen en las Fig. 2.2 Fachada suroeste-Fig. 2.3 Fachada noroeste Fig. 2.4 Desarrollo de patios de luces y la siguiente tabla:

ENVOLVENTE TERMICA						
Cerramientos y Particiones Interiores			Componentes		Contacto	U (W/m²K)
Tipo		Orientación				
Cubiertas	Cubierta Plana		C1	Plaqueta o baldosa cerámica, Mortero de áridos ligeros, Betún fieltro o lámina, Hormigón en masa 2000 < d < 2300, FU Entrevigado de hormigón aligerado - Canto 25, Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	Aire exterior, espacio no habitable	1,9
	Cubierta Inclinada		C2	Teja de arcilla cocida, Betún fieltro o lámina, Mortero de cemento, Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60, FU Entrevigado de hormigón aligerado - Canto 30, Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	Aire exterior	1,48
Muros	Fachada principal	Suroeste	M1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm, cámara de aire sin ventilar vertical 10cm, Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60, Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	Aire exterior	1,56
	Fachada secundaria	Noroeste				
	Patios de luces	Noreste				
	Medianera	Noreste	M2	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm, Mortero de áridos ligeros, Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60, Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	Edificio	1,56
		Sureste				
Huecos	Acristalados	Suroeste	H2	Carpintería de madera de densidad media alta y acristalamiento monolítico	Aire exterior	Ver tabla Tabla 2.5 Composición de los Huecos
		Noroeste	H3			
	Puertas de acceso externas	Noreste	H1			
	Puertas de acceso Internas		H4	Carpintería de madera de densidad media alta	Espacio no habitable	2,2

Tabla 2.4 Envoltente térmica

Igualmente se han introducido los datos de las carpinterías tal y como se han clasificado según sus dimensiones y porcentaje de marco. (Ver Tabla 2.2 Tipología de ventanas)

Nombre	Acristalamiento	Marco	% Hueco	Permeabilidad m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100Pa	U (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar
H1	Monolítico	Madera (densidad media alta)	37,00%	60,00	4,40	0,56
H2			30,00%	60,00	4,65	0,61
H3			26,00%	50,00	4,79	0,65
H4			29,00%	50,00	4,68	0,62
H5			32,00%	50,00	4,58	0,6
H6			30,00%	50,00	4,65	0,61
H7			16,00%	50,00	5,14	0,72
H8			34,00%	60,00	4,51	0,58
H9			30,00%	60,00	4,65	0,61
H10			42,00%	50,00	4,23	0,52
H11			41,00%	50,00	4,26	0,53
H12			42,00%	50,00	4,23	0,52
H13			51,00%	50,00	3,91	0,45

Tabla 2.5 Composición de los Huecos

Se ha comprobado mediante el análisis del edificio en el programa LIDER que la demanda de calefacción es mayor que la del edificio de referencia, por lo que el edificio no cumpliría con la normativa.

En cuanto a la demanda de refrigeración 3.3.1.3.1.a) del DB HE 1, se admite, como excepción, que en caso de que para el edificio objeto una de los dos demandas (calefacción o refrigeración) sea inferior al 10% de la otra, se ignore el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja.

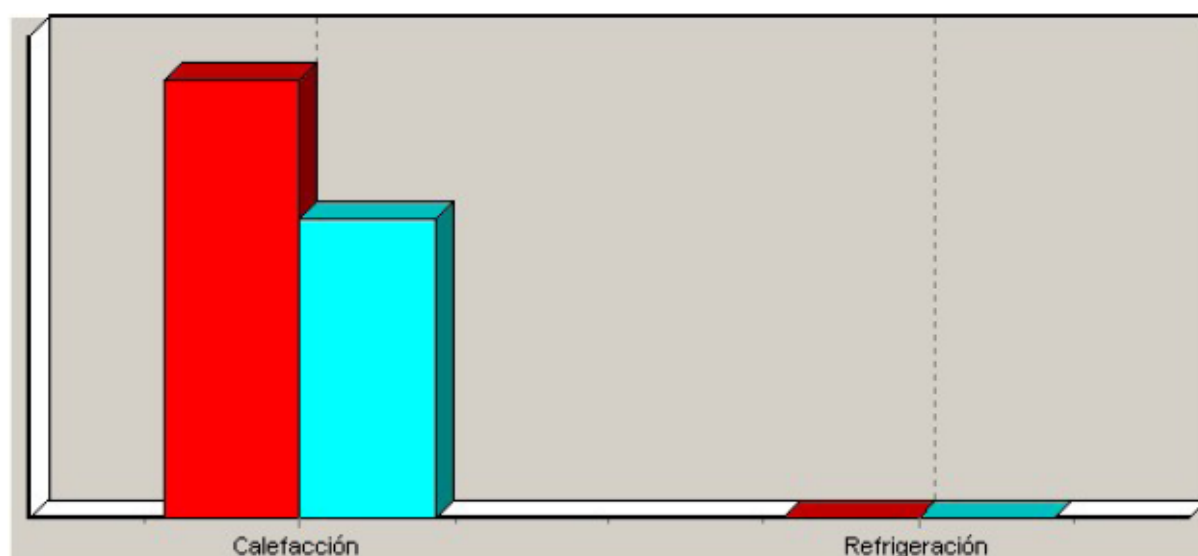
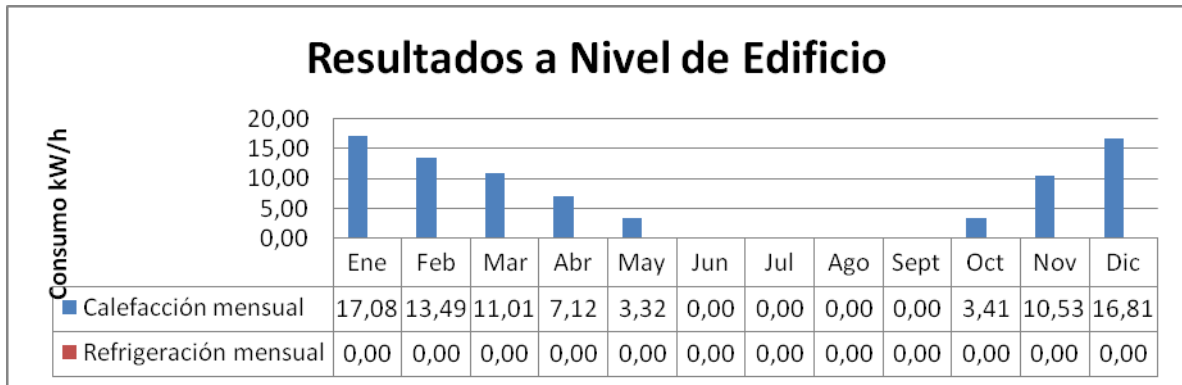


Fig. 2.6 Resultados del análisis del estado actual de la edificación.



CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	146,80	0,00
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,00	0,00

Según el análisis de transmisión de calor expresado en Kw/hora los resultados a nivel de edificio son los siguientes:



Tal y como puede observarse, los consumos asociados a la refrigeración son nulos, por lo que el consumo de energía en el edificio está asociado a la transmitancia térmica de la envolvente, donde los valores más elevados corresponden a los meses de invierno.

En cuanto a los resultados obtenidos a través de LIDER para el análisis de los espacios, las mayores carencias se encuentran en los áticos dados el mal acondicionamiento de la cubierta, así como en las viviendas orientadas en dirección noroeste.

RESULTADO POR ESPACIOS					
Espacios	Área (m2)	Calefacción		Refrigeración	
		% de máx.	% de ref.	% de máx.	% de ref.
P02_E01	106,6	45,9%	134,1%	0,0%	0,0%
P02_E02	89,8	39,8%	123,1%	0,0%	0,0%
P03_E01	106,6	33,6%	133,9%	0,0%	0,0%
P03_E02	89,8	30,7%	132,7%	0,0%	0,0%
P04_E01	106,6	31,0%	137,4%	0,0%	0,0%
P04_E02	89,8	28,9%	136,8%	0,0%	0,0%
P05_E01	62,1	35,7%	167,3%	0,0%	0,0%
P05_E02	56,3	100,0%	223,7%	0,0%	0,0%

Tabla 2.6 Resultados del análisis del estado actual de la edificación.

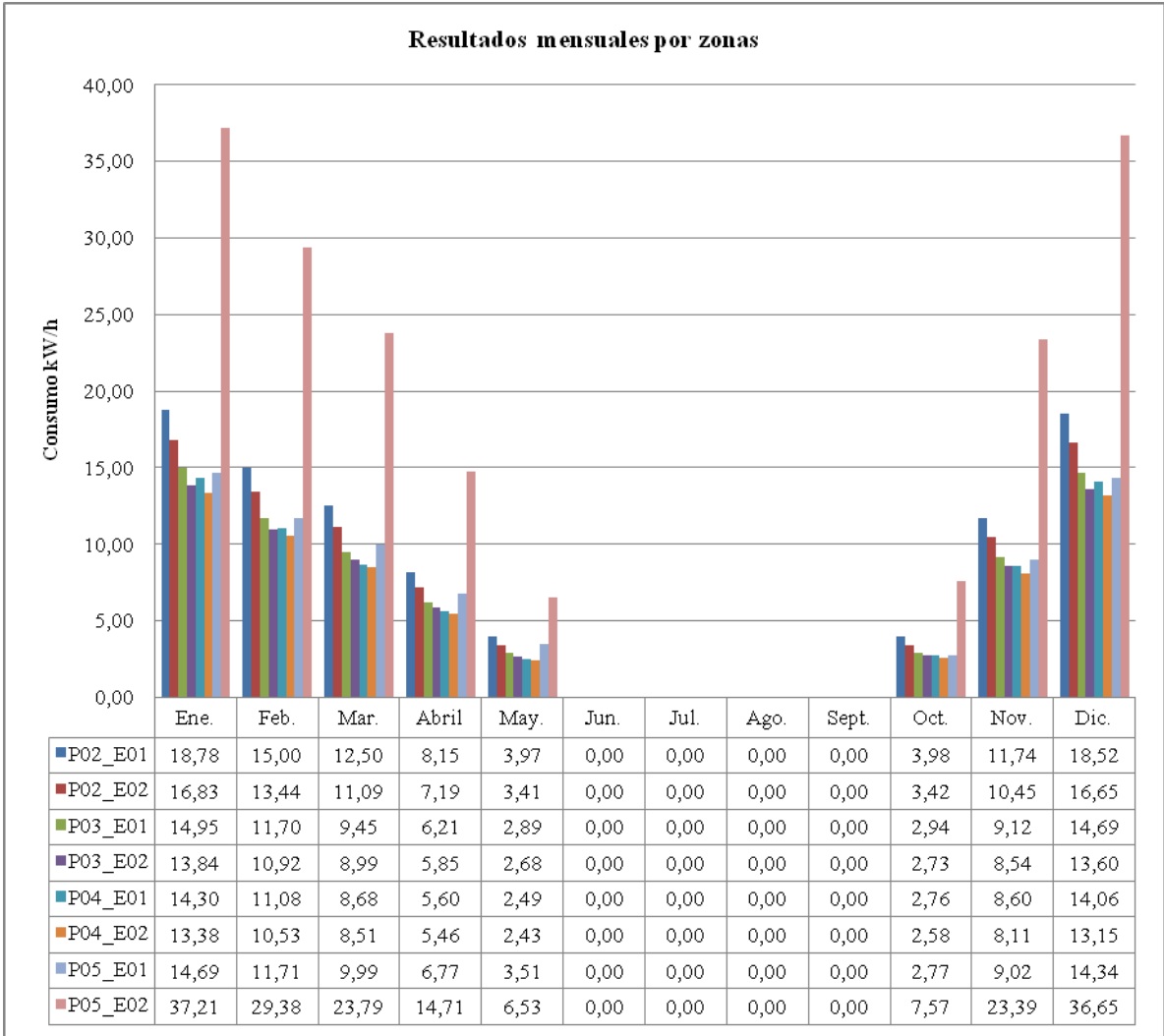
Además de la superficie de cada espacio y el número de veces que se repite (multiplicadores en las plantas o en los espacios) se muestran, tanto para calefacción como para refrigeración:

1. El porcentaje de máximo valor hallado entre los espacios. El espacio con mayor demanda aparece con el 100%, el resto con el porcentaje respecto al valor máximo,

de esta manera se puede localizar claramente el espacio que mayor contribución tiene a la demanda.

2. El porcentaje de la demanda respecto a la de referencia. Como para el edificio completo, un valor superior a 100 indica una demanda superior a la de referencia.

Los resultados de referencia obtenidos a través de LIDER para el consumo de energía de las viviendas, demuestran que los mayores consumos están asociados a los espacios bajo cubierta, tal y como se ha mencionado anteriormente. Dichos datos se encuentran expresados en miles de kWh y son los siguientes:



Dado que la edificación, carece de sistemas de calefacción, los habitantes de las viviendas han recurrido al uso de sistemas de energía eléctrica, por lo que los consumos reales pueden incluso a llegar a ser mayores a los de referencia.

### 3 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

Una vez analizado el estado de la edificación, se propone el aislamiento exterior de la fachada mediante el uso de sistemas ETICS, por ser una tecnología conocida y experimentada con éxito en Europa, además de permitir mantener la estética exterior del edificio.

Por otro lado, la configuración de la cubierta, se presenta como la causa principal de las filtraciones de agua al interior de la edificación, debido, por un lado, a su defectuosa ejecución y antigüedad y, por otro, a su configuración. La cubierta actual está resuelta a tres aguas, de modo que dos de los faldones vierten las aguas hacia las fachadas principales, que cuentan con un peto perimetral y canalón oculto y, el tercer faldón, hacia la fachada medianera, a un segundo canalón oculto formado en su encuentro con la medianera norte, creando zonas en las que, por su difícil acceso para limpieza y mantenimiento, favorecen la acumulación y estancamiento del agua.

Se propone, por tanto, la sustitución de la cubierta existente, sin afectar en ningún caso a los elementos estructurales principales, con la demolición del peto perimetral y la eliminación de los canalones ocultos, para la colocación de uno nuevo situado por el exterior de las fachadas principales, y el cambio de dirección del faldón norte, se pretende que se puedan verter las aguas a zonas donde la canalización es más eficaz (patios interiores y fachada principal).

Con el objeto de facilitar el acceso para mantenimiento y limpieza a la zona de la cubierta, se plantea la creación de dos terrazas con acceso desde el interior del bajo cubierta, en la situación reflejada en planos y que, en el estado actual, constituyen zonas inaccesibles interiores al volumen de la edificación, cubiertas con materiales en mal estado de conservación y sin ningún tipo de impermeabilización, en las que se producen la mayor parte de las filtraciones.

Se sustituirán además, la carpintería exterior que se encuentra en mal estado de conservación, por otras de mayor aislamiento térmico y estanqueidad.

En ésta fase, se ha realizado el modelización del edificio tal y como se plantean las variables de la propuesta de intervención, utilizando diversos recursos informáticos que facilitan los cálculos del comportamiento térmico del edificio (simulación informática del consumo energético):

- AUTOCAD. Confección de planos: plantas, alzados, secciones.
- DESIGNBUILDER. Propuesta de intervención.
- LIDER. Análisis del comportamiento térmico del edificio.
- ARKO. Cálculo de carpinterías.

### 3.1 ACONDICIONAMIENTO DE FACHADAS

Los cerramientos exteriores al estar compuestos por doble hoja de ladrillo trasdosado sin aislamiento térmico; se plantea el uso de un sistema de aislamiento térmico por el exterior, en este caso de lana de roca, el cual se fijará al soporte mediante la aplicación de mortero.

Sobre el material aislante se aplicará una malla de refuerzo y sobre esta el mortero de acabado, según el tipo de mortero empleado se acabará el sistema con una pintura adecuada a las condiciones climáticas y estéticas.

Este sistema se complementará con un sistema de perfiles metálicos que rigidizarán el conjunto y contribuirán al mejor acabado del mismo.

#### Esquema de montaje

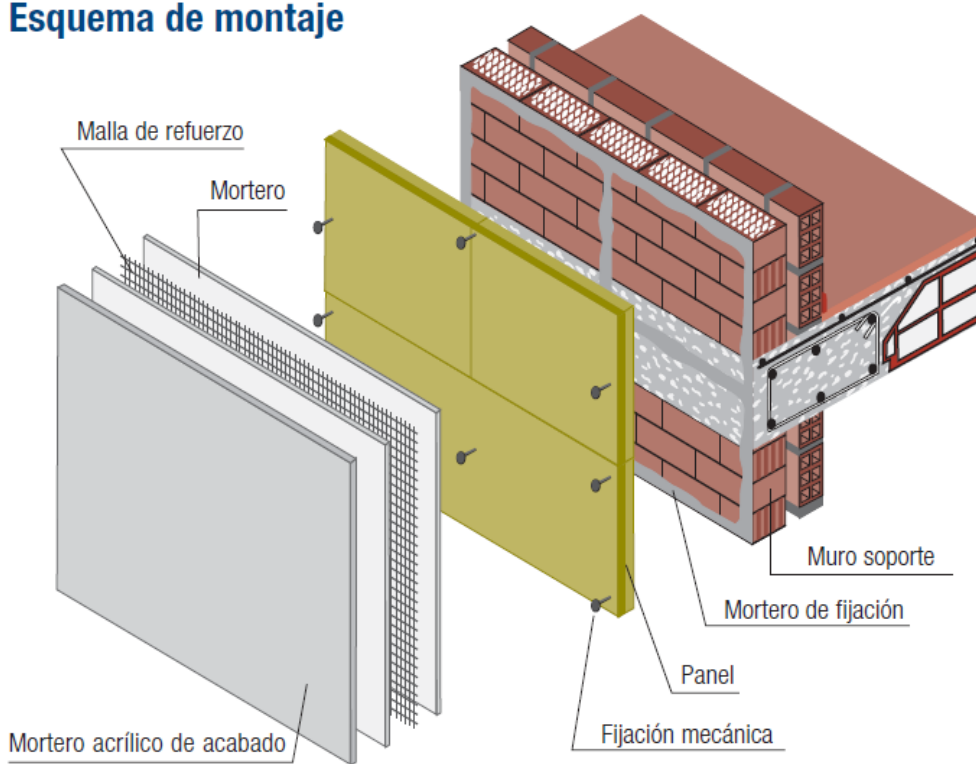
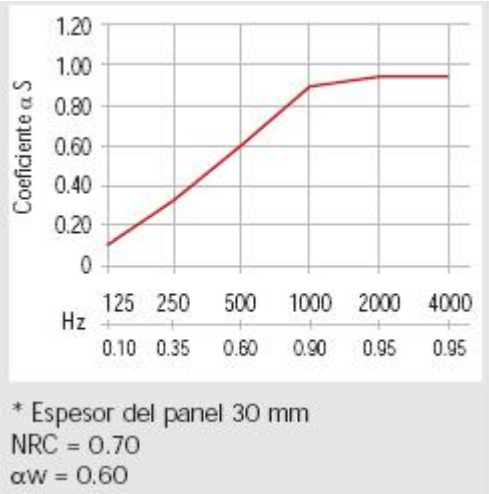


Fig. 3.1 Esquema de montaje sistema ETICS.

Fuente: Rockwool Peninsular SAU

El material seleccionado como aislante térmico, tiene Marcado CE y sello AENOR, además de cumplir con las normas UNE-EN 20354 (absorción acústica) y 12667 (resistencia térmica), además de poder aplicarse como aislamiento por el exterior e interior, sobre y bajo cubierta y en contacto con espacios no habitables.

Las características técnicas de dicho material son las siguientes:

Características técnicas			
Área	Descripción		Norma
Densidad nominal	50 kg/m <sup>3</sup>		UNE-EN 20354
Conductividad térmica	0.035 W/(m·K)		UNE-EN 12667
Resistencia térmica	<b>Espesor en mm</b>	<b>R(m<sup>2</sup>K/W)</b>	
	30	0,85	
	40	1,1	
	50	1,4	
Calor específico	0.84 kJ/kg K a 20°C		
Resistencia al paso del vapor de agua	μ ± 1.3 Por ser estructura abierta, la lana de roca ofrece una fuerte permeabilidad al vapor de agua y no se altera por eventuales condensaciones en la estructura del edificio.		
Reacción al fuego	A1		UNE-EN 13501.1
Coeficiente de absorción acústica	 <p>* Espesor del panel 30 mm NRC = 0.70 α<sub>w</sub> = 0.60</p>		UNE-EN 20354
Dimensiones	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
	1350	600	30
	1350	600	40
	1350	600	50

La definición de la intervención a la envolvente térmica y la clasificación de sus componentes, tanto los (fachadas, cubiertas, etc.) en contacto con el ambiente exterior (aire, terreno y otros edificios) como las en contacto con espacios no habitables, se recogen en el anexo 4 y la siguiente tabla:

ENVOLVENTE TERMICA						
Cerramientos y Particiones Interiores			Componentes		Contacto	U (W/m²K)
Tipo		Orientación				
Cubierta Inclinada			C2	Teja de arcilla cocida, Betún fieltro o lámina, Mortero de cemento, Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60, cámara de aire sin ventilar 10cm, poliestireno expandido (0,037W/(mK)), FU Entrevigado de hormigón aligerado - Canto 30, Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	Aire exterior	0,45
Muros existentes	Fachada principal	Suroeste	M1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, Lana mineral (0,035W/(mK)), mortero, enlucido de yeso 1000 < d < 1300 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm, cámara de aire sin ventilar vertical 10cm, Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60, Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	Aire exterior	0,47
	Fachada secundaria	Noroeste				
	Patios de luces	Noreste				
Muros terrazas	Fachada principal	Suroeste	M2	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm, cámara de aire sin ventilar vertical 10cm, , lana mineral (0,035W/(mK)), mortero de cemento, Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60, Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	Aire exterior	0,86
Huecos	Acrystalados	Suroeste	H2 - H3	Carpintería de PVC dos cámaras y acristalamiento doble 4-12-4	Aire exterior	Ver Tabla 3.2 Composición de los Huecos
	Puertas de acceso externas	Noroeste	H1			

Tabla 3.1 Intervención de la envolvente térmica.

### 3.1.1 SUSTITUCIÓN DE CARPINTERÍA

Se retirarán las piezas existentes de toda la edificación y se sustituirán por otras de pvc lacado con rotura de puente térmico y vidrio climalit, 4+12+4 mm, con el mismo despiece que las piezas existentes en cuanto a antepechos, maineles y partelunas.

Se repasarán las mochetas de los huecos con mortero hidrófugo, aplicándole el mismo tratamiento de polipropileno que el aplicado en fachadas y, en el encuentro de las carpinterías con el cerramiento se colocarán tapajuntas del mismo material que la carpintería, aplicados con silicona blanca.

Nombre	Acristalamiento	Marco	% Hueco	Permeabilidad m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100Pa	U (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar
H1	Doble 4-12-4	PVC doble cámara	37,00%	60,00	2,74	0,68
H2			30,00%	60,00	2,62	0,54
H3			26,00%	27,00	2,64	0,57
H4			29,00%	27,00	2,63	0,55
H5			32,00%	27,00	2,62	0,54
H6			30,00%	27,00	2,62	0,54
H7			16,00%	27,00	2,70	0,64
H8			34,00%	60,00	2,60	0,52
H9			30,00%	60,00	2,62	0,54
H10			42,00%	27,00	2,55	0,46
H11			41,00%	27,00	2,55	0,47
H12			42,00%	27,00	2,55	0,46
H13			51,00%	27,00	2,49	0,40
H14			27,00%	60,00	2,64	0,56

Tabla 3.2 Composición de los Huecos

3.2 SUSTITUCIÓN DE CUBIERTA

Se desmontará el material de cobertura de la cubierta existente. En caso de considerarse necesario, una vez analizado el estado de las correas existentes, se reforzarán con piezas tubulares galvanizadas de 0,05 x 0,10 m, y mortero de agarre para empotramientos en la albañilería donde fuera necesario.

Se modificará parcialmente el faldón “B” (ver Fig. 3.2 Distribución propuesta para la cubierta.), situado en la medianera norte, para cambiar la dirección de la pendiente, de modo que puedan verter sus aguas hacia canalones y bajantes situados en los patios de luces (ver, eliminando de este modo el canalón oculto existente en la medianera.

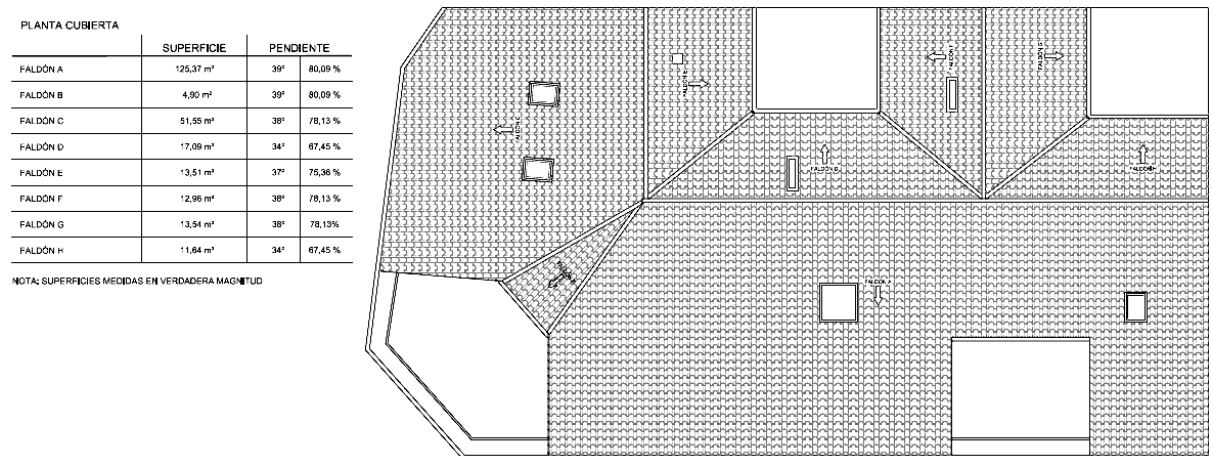


Fig. 3.2 Distribución propuesta para la cubierta.

Se derribará el tabique perimetral existente para poder sobrevolar la nueva cubierta instalada hacia el exterior del edificio, sustituyendo el canalón oculto actual por otro exterior. Los canalones y bajantes se realizarán en aluminio lacado de sección rectangular. Los componentes de la cubierta se encuentran reflejados en la Tabla 3.1 Intervención de la envolvente térmica.

3.2.1 FORMACIÓN DE TERRAZAS.

Se crearan dos terrazas en la planta bajo cubierta, se desmontará totalmente el material de cobertura de la cubierta existente en dichas zonas, según se indica en los planos de estado reformado (a) ^ c[ (Q), saneando el forjado para su posterior impermeabilización a base de láminas de “polibreal” aplicada en caliente, aislamiento de 30 mm. de espesor, recrecido de mortero con la correspondiente formación de pendiente para la evacuación del agua, y posterior acabado con plaquetas cerámicas para exteriores.

En la cara interior del cerramiento en las zonas aterrazadas, puesto que actualmente existe una única hoja de ladrillo sencillo, se colocará una segunda hoja de ladrillo hueco doble colocada a panderete, con una cámara de aire intermedia de 10 mm. y, fijada a la hoja interior de ladrillo, una plancha de aislante térmico rígido, con llaneado, fratasado y pintado de la zona modificada. Se colocará, además, una puerta balconera en cada una de ellas. Los componentes de los cerramientos de las terrazas se encuentran reflejados en la Tabla 3.1 Intervención de la envolvente térmica.



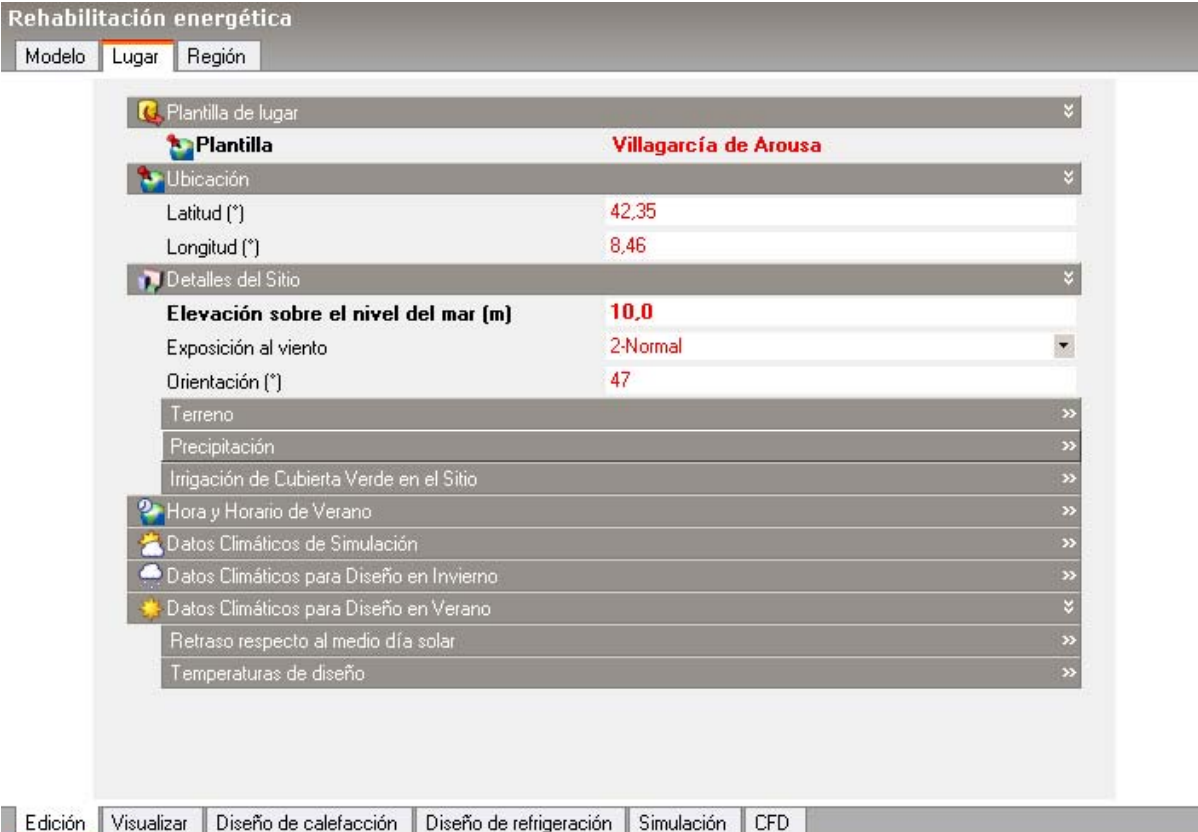
## 4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA, DESIGNBUILDER.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, se ha planteado el análisis de la propuesta de intervención a una edificación existente mediante la simulación informática del comportamiento de su envolvente térmica.

Basando el análisis de la edificación en los parámetros antes identificados como por ejemplo los componentes de los cerramientos, porcentaje de huecos en fachada y tipología de las carpinterías, además de los datos climatológicos del lugar.

### 4.1 LUGAR

Se han editado los datos climáticos del lugar, aplicado los mencionados en el apartado: 37Entorno Geográfico y climatológico, para crear el entorno donde se encuentra ubicada la edificación, para las simulaciones de de diseño en invierno y verano.



Rehabilitación energética	
Modelo Lugar Región	
Plantilla de lugar	Plantilla Villagarcía de Arousa
Ubicación	
Latitud (°)	42,35
Longitud (°)	8,46
Detalles del Sitio	
Elevación sobre el nivel del mar (m)	10,0
Exposición al viento	2-Normal
Orientación (°)	47
Terreno	>>
Precipitación	>>
Irrigación de Cubierta Verde en el Sitio	>>
Hora y Horario de Verano	>>
Datos Climáticos de Simulación	>>
Datos Climáticos para Diseño en Invierno	>>
Datos Climáticos para Diseño en Verano	>>
Retraso respecto al medio día solar	>>
Temperaturas de diseño	>>

Edición Visualizar Diseño de calefacción Diseño de refrigeración Simulación CFD

Fig. 4.1 Lugar de emplazamiento de la edificación.

Los datos climáticos utilizados para el cálculo de diseño tanto en invierno como en verano son las temperaturas máximas y mínimas, también se han incluido las precipitaciones por m2.

Los datos climáticos horarios, corresponden a los aportados por las plantillas del programa para la Provincia de Pontevedra.

## 4.2 MODELO

Una vez realizada la toma de datos y habiendo realizado los planos de la edificación, se han importado los archivos de CAD para facilitar el modelado del mismo en Designbuilder. Los elementos salientes de las terrazas, se han considerado como elementos de sobra a efectos de cálculo del software.

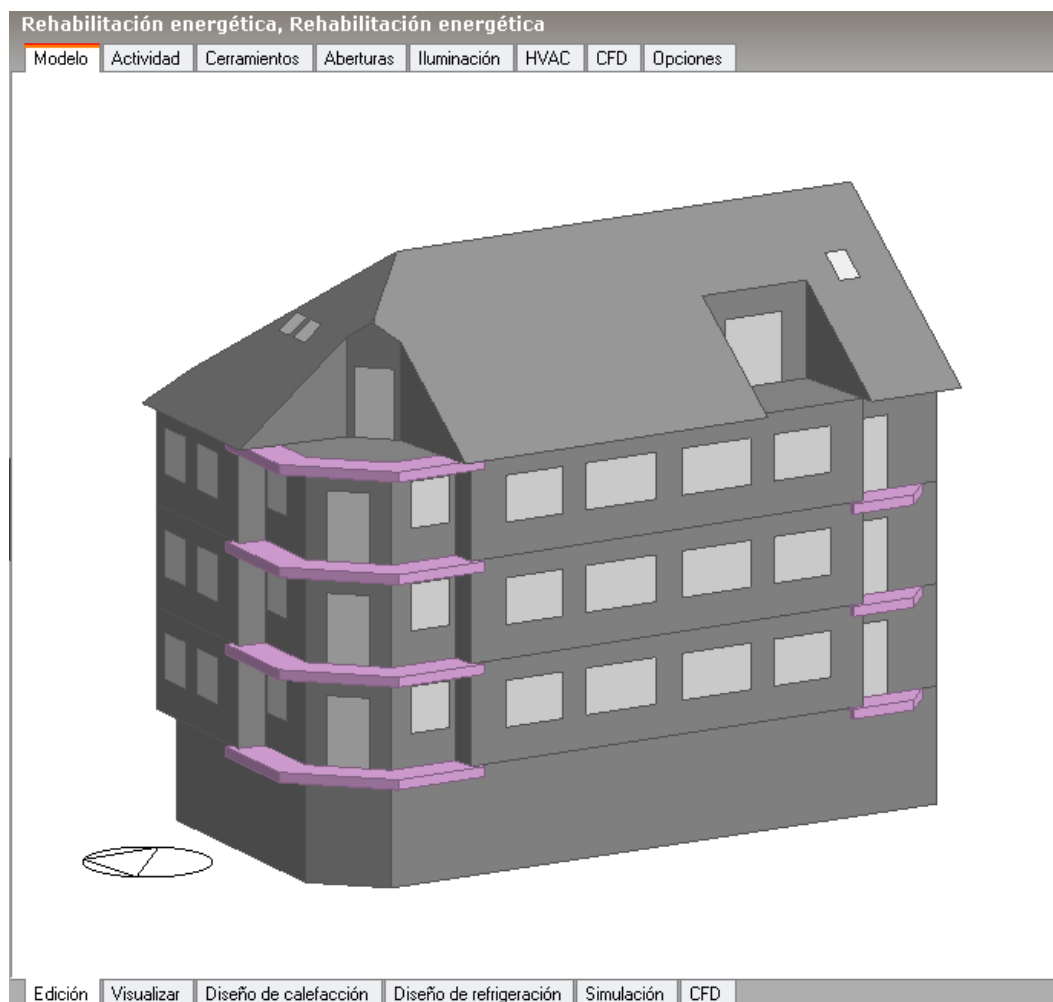


Fig. 4.2 Modelo de propuesta (DesignBuilder)

### 4.2.1 CERRAMIENTOS Y ABERTURAS

Partiendo de la composición de los cerramientos y huecos mencionados los apartados: Acondicionamiento de Fachadas, Sustitución de carpintería y Sustitución de cubierta, se han generado las plantillas de cerramientos del proyecto, ajustando las características de los materiales para que al introducir los mismos datos en el programa LIDER poder realizar el mismo análisis para comprobar los resultados arrojados por ambos programas.

En cuanto a la configuración de las ventanas, se han tomado en cuenta la configuración de la carpintería original de la edificación, por lo que se han añadido los datos del despiece de las mismas en cuanto a antepechos, maineles y partelunas.

Se han añadido, acristalamientos en cubierta (ventanas de tipo velux), según indicaciones de la propiedad, ya que los espacios existentes bajo cubierta cuentan con poca

iluminación y ventilación natural, este dimensionado es aleatorio y no necesariamente cumple con las exigencias del CTE, por lo que se deja a consideraciones futuras el dimensionado de dichas aberturas, conjuntamente con el acondicionamiento de las estancias y particiones interiores de dichos espacios.

#### 4.2.2 ACTIVIDAD

Una vez configurados los tipos de cerramiento, se aplicó una plantilla de actividad, editando los datos de ocupación, estableciendo el número de personas por unidad de área de suelo (0,04 personas/m<sup>2</sup>), así mismo, se han editado las condiciones metabólicas según el nivel de actividad, asignando un factor de 0,90.

En cuanto al control ambiental, se han configurado las temperaturas de funcionamiento de la calefacción y refrigeración, así como también los datos de aire fresco y la energía de iluminación.

**Rehabilitación energética, Rehabilitación energética**

Modelo **Actividad** Cerramientos Aberturas Iluminación HVAC CFD Opciones

Plantilla de Actividad >>

Ocupación >

**Densidad (personas/m<sup>2</sup>)** 0,0400

Programación Dwell\_DomCirculation\_Occ

Metabolismo >

Actividad Light manual work

Factor (Hombre=1.00, Mujer=0.85, Niño=0.75) 0,90

Vestimenta >>

Días festivos >>

ACS >

**Tasa de consumo (l/m<sup>2</sup>-día)** 1,000

Control ambiental >

Temperaturas de Funcionamiento de la Calefacción >

Calefacción (°C) 18,0

Temperatura de retroceso (°C) 12,0

Temperaturas de Funcionamiento de la Refrigeración >

Refrigeración (°C) 25,0

Temperatura de retroceso (°C) 28,0

Temperaturas de Funcionamiento de la Ventilación >>

Aire Fresco Mínimo >>

Iluminación >>

Computadoras >>

Equipos de oficina >>

Misceláneos >>

Cocina >>

Edición Visualizar Diseño de calefacción Diseño de refrigeración Simulación CFD

Fig. 4.3 Configuración de actividad.

#### 4.2.3 HVAC (“HEATING, VENTILATING AND AIR CONDITIONING”)

Para el dimensionado de combustible utilizado para calefacción se propone el uso de gas natural, ya que las viviendas cuentan este tipo de instalaciones para el uso de agua caliente sanitaria, no se dimensiona ningún tipo de combustible para aire acondicionado dadas las características climatológicas del lugar.

Rehabilitación energética, Rehabilitación energética

Modelo
Actividad
Cerramientos
Aberturas
Iluminación
HVAC
CFD
Opciones

Plantilla HVAC

Plantilla
Hot water radiator heating, nat vent

Ventilación Mecánica

☐ Activar

Energía Auxiliar

Calefacción

☒ Activar

Combustible
2-Gas natural

CoP del sistema de calefacción
0,850

Type

Funcionamiento

Programación
Dwell\_DomCirculation\_Heat

Refrigeración

☐ Activar

ACS

☒ Activar

Plantilla de ACS
Project DHW

Tipo
5-Mixta instantánea

CoP del ACS
0,8500

Combustible
2-Gas natural

Temperaturas del agua

Temperatura de salida (suministro) (°C)
65,00

Temperatura de entrada al sistema (°C)
10,00

Funcionamiento

Programación
Dwell\_DomCirculation\_Occ

Ventilación natural

Distribución de la Temperatura del Aire

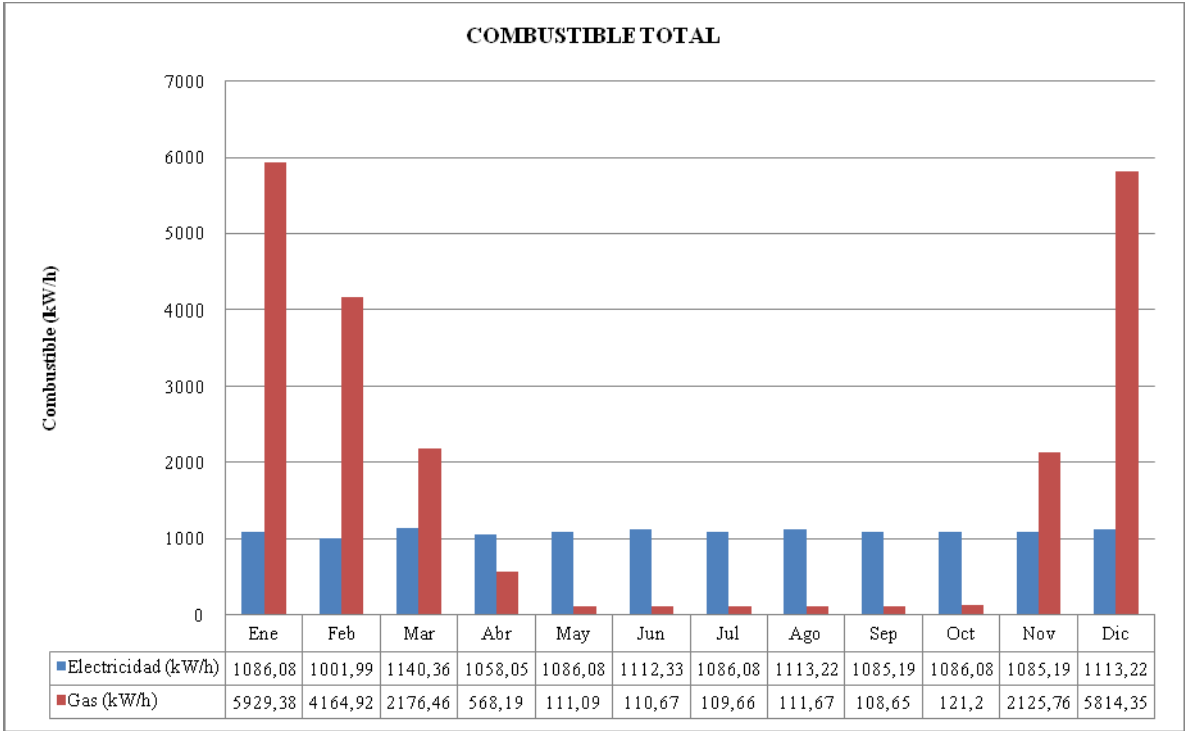
Edición
Visualizar
Diseño de calefacción
Diseño de refrigeración
Simulación
CFD

Fig. 4.4 Configuración de HVAC.

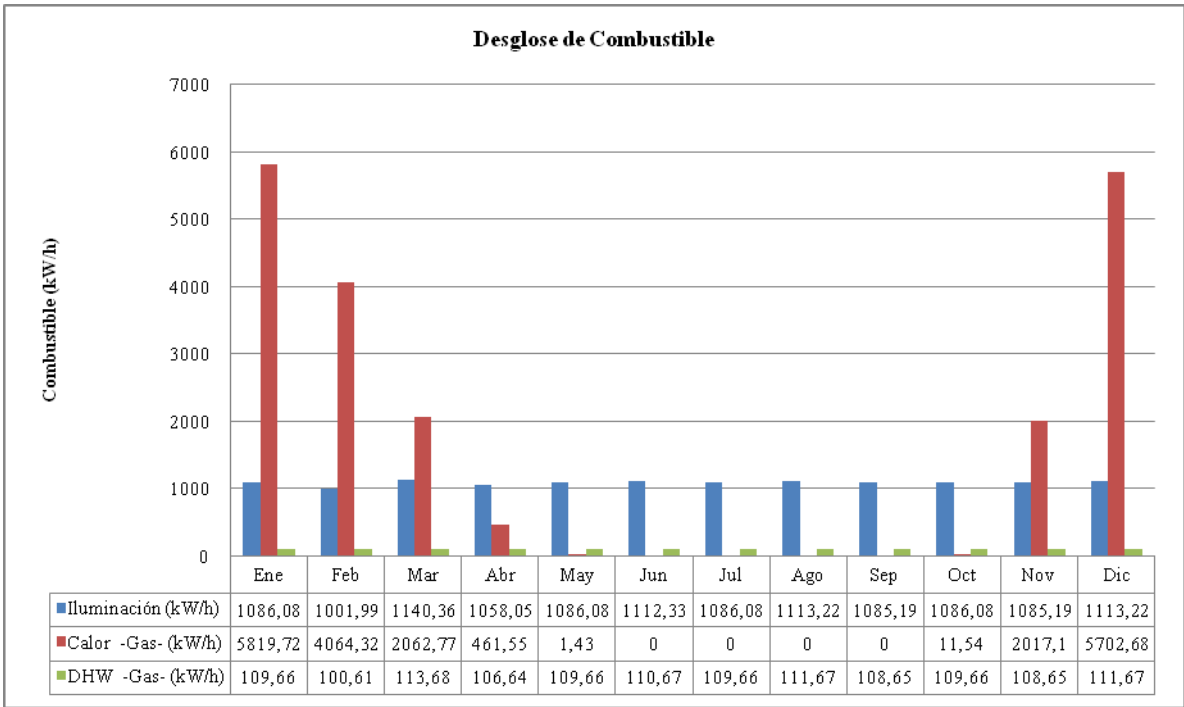
4.3 SIMULACIÓN.

Una vez completada la etapa de modelización del objeto y configuración de las variables para el dimensionado de consumo de combustible se ha procedido a la simulación del comportamiento de energético de la edificación. Los resultados más relevantes aportados por el software son los siguientes:

El total anual de consumo de electricidad para la edificación sería de 13053,89 (kWh). Dicho consumo sería el dimensionado para la iluminación de la edificación y estaría distribuido mensualmente del siguiente modo:

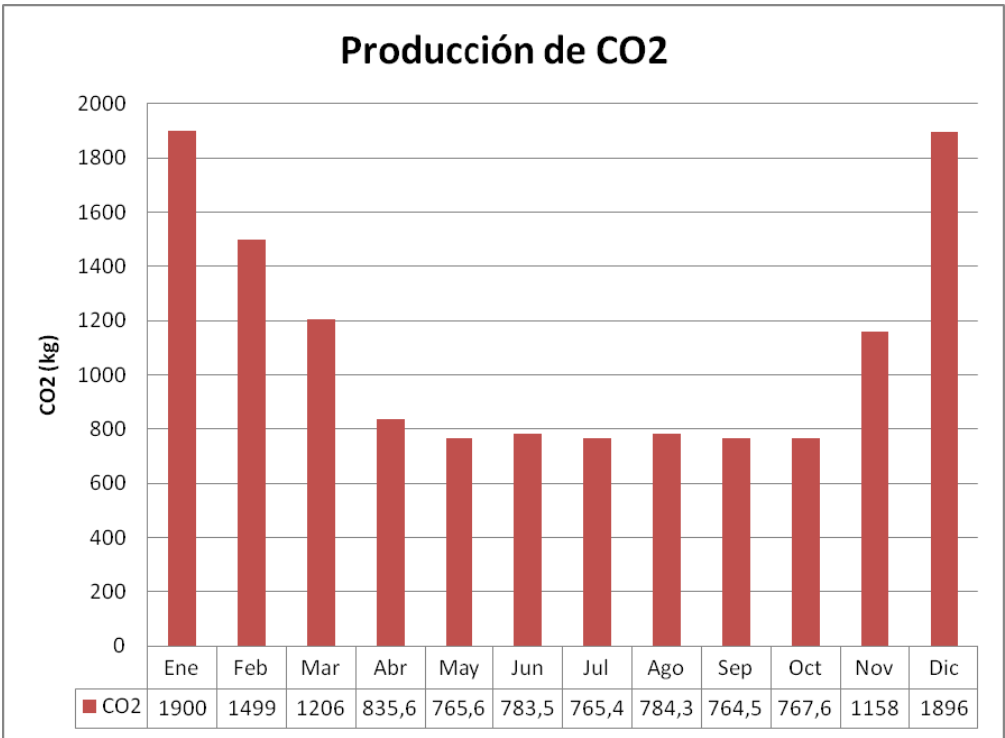


El total anual de consumo de gas natural para la edificación sería de 21451,99 (kWh), dicho consumo sería el total dimensionado para agua caliente sanitaria y calefacción. El consumo de energía primaria estaría distribuido mensualmente como lo muestra la siguiente grafica:



Para convertir los valores de energía en emisiones de CO<sub>2</sub> es necesario definir unos valores de conversión. En lo que respecta a DesignBuilder, dichos valores son los siguientes:

Tipo de energía	Valores de conversión (kg CO <sub>2</sub> /kWh)
Gas Natural	0,195
Electricidad	0,685



La producción de CO<sub>2</sub> anual de la edificación sería de 13125,05 kg/año.

## 5 DESIGNBUILDER – LIDER

Finalmente se ha procedido a introducir los datos de la edificación al programa LIDER, para verificar los resultados obtenidos a través de la simulación de la envolvente térmica realizada en el software Designbuilder, comparándolos con los resultados obtenidos inicialmente con el análisis de la edificación en su estado actual.

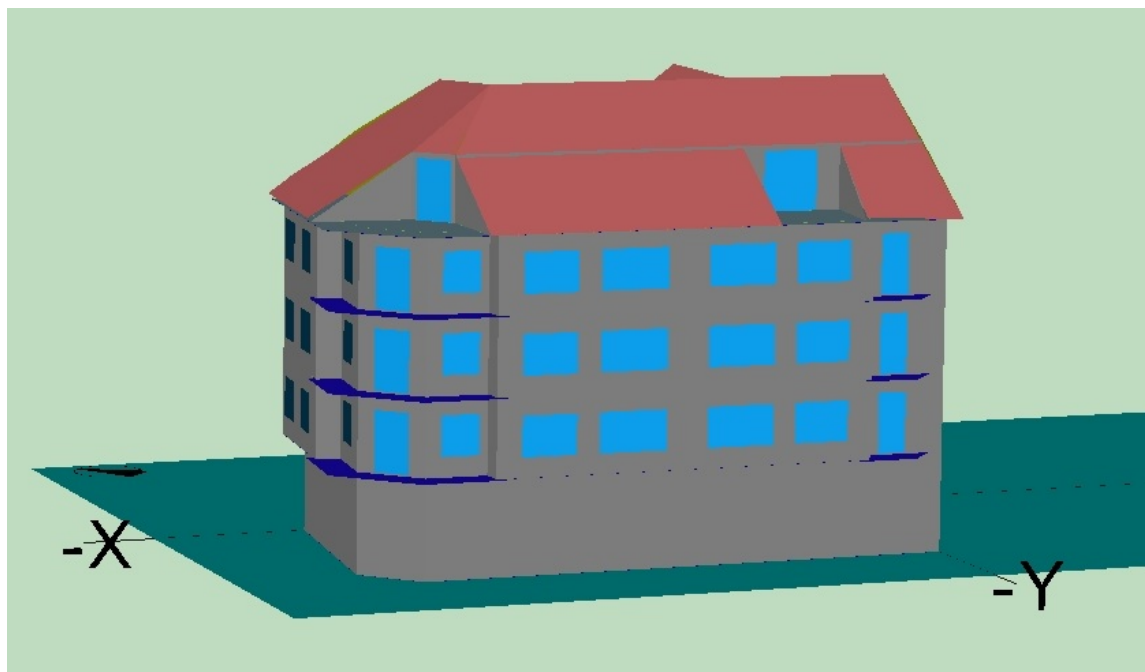


Fig. 5.1 Modelo de propuesta (LIDER)

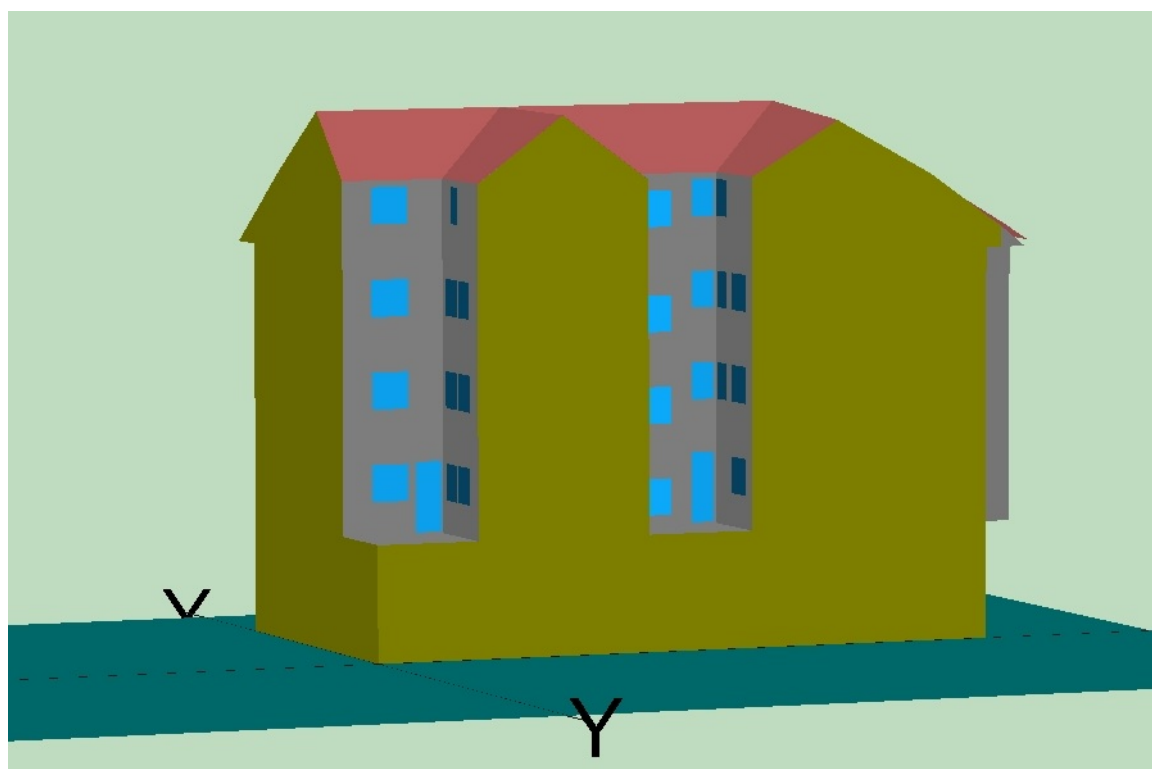


Fig. 5.2 Modelo de propuesta, medianeras (LIDER)

Se ha comprobado mediante el análisis del edificio en el programa LIDER que la demanda de calefacción es menor que la del edificio de referencia, por lo que el edificio cumpliría con la normativa.

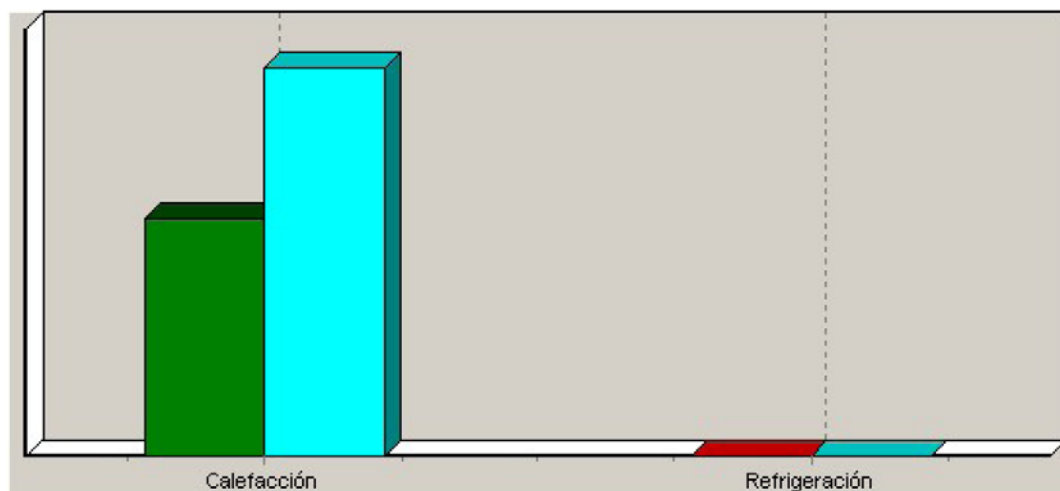


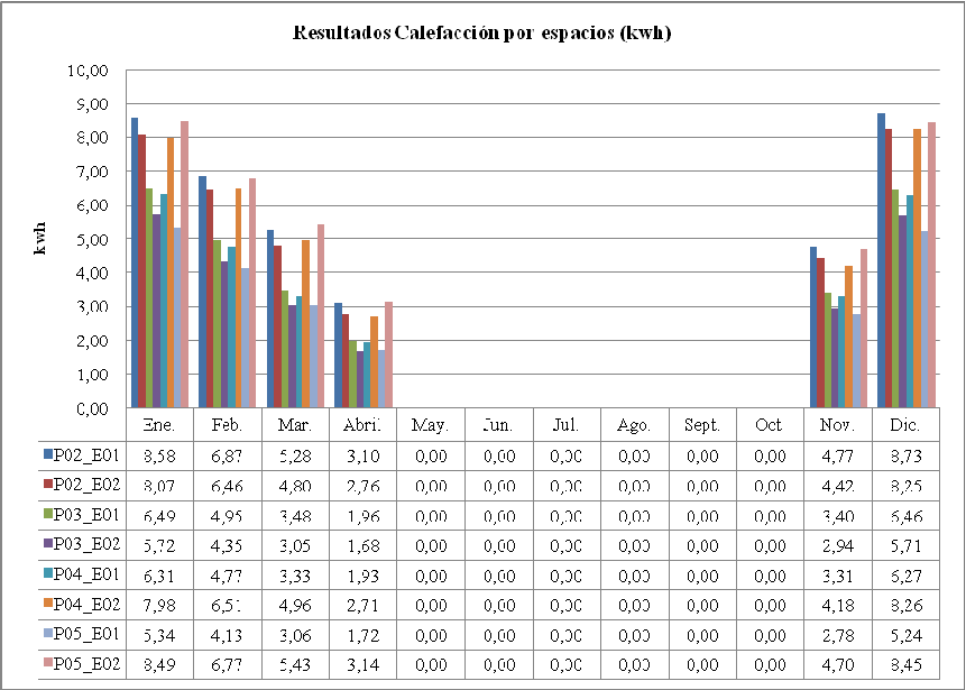
Fig. 5.3 Resultados del análisis de la propuesta de intervención.

CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	61,20	0,00
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,00	0,00

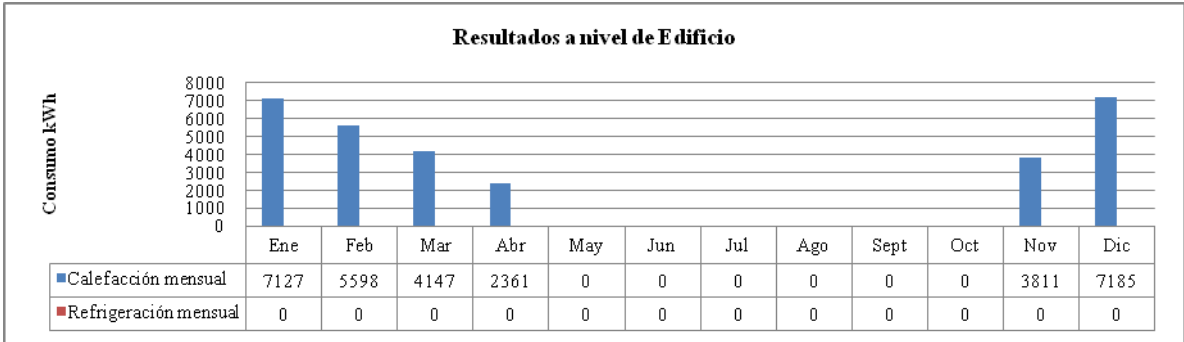
Al proponerse la sustitución de la cubierta y el cambio de dirección de los faldones, se han optimizado el comportamiento térmico del mismo, y esto se refleja en los resultados obtenidos para los espacios ubicados en el bajo cubierta.

RESULTADOS POR ESPACIOS					
Espacios	Área (m2)	Calefacción		Refrigeración	
		% de max	% de ref	% de max	% de ref
P02_E01	106,6	100,0%	51,9%	0,0%	0,0%
P02_E02	89,8	93,1%	50,0%	0,0%	0,0%
P03_E01	106,6	71,7%	60,8%	0,0%	0,0%
P03_E02	89,8	62,9%	62,5%	0,0%	0,0%
P04_E01	106,6	69,4%	67,8%	0,0%	0,0%
P04_E02	89,8	92,7%	76,2%	0,0%	0,0%
P05_E01	62,1	59,6%	81,0%	0,0%	0,0%
P05_E02	56,3	99,1%	67,0%	0,0%	0,0%



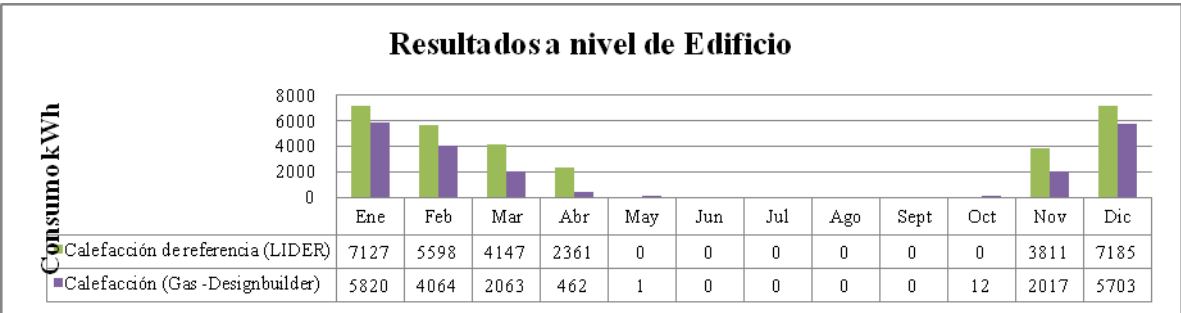


Según el análisis de transmisión de calor expresado en Kw/hora los resultados a nivel de edificio son los siguientes:



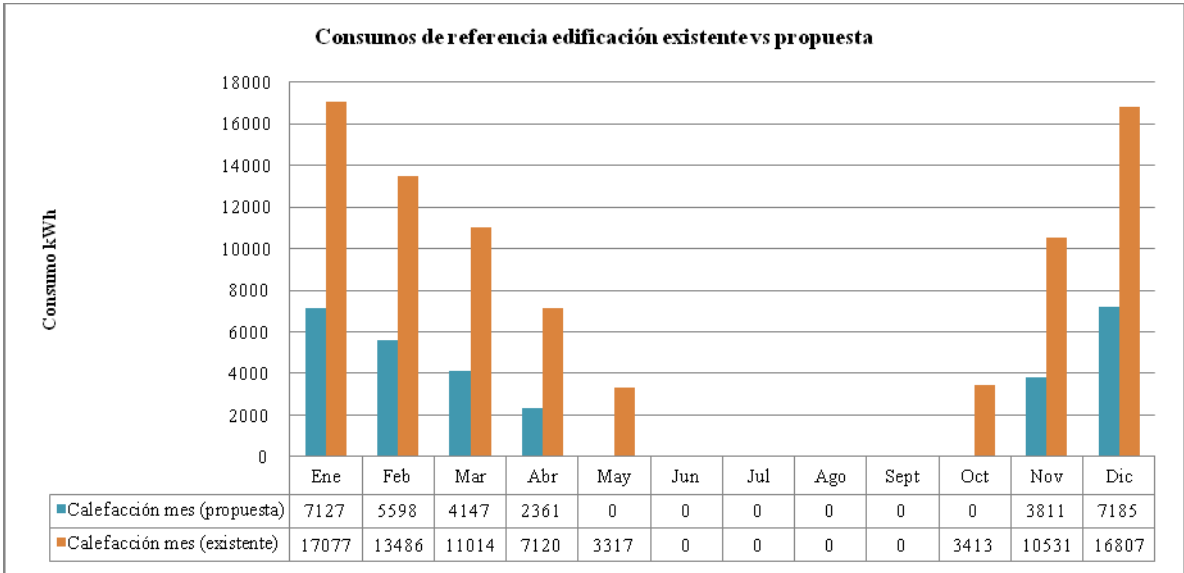
Contrastando los resultados de referencia obtenidos a través de LIDER y los obtenidos a través de DesignBuilder para el consumo total de energía en la edificación destinado a calefacción, se puede observar que los consumos dimensionados por este último son menores a los de LIDER, esto se debe a que su sistema de modelaje es más preciso, lo que ajusta un poco más las variables que inciden en los consumos finales de energía, esto además se verá reflejado en las emisiones de CO2.

Los datos se encuentran expresados en kWh y son los siguientes:



6 RESULTADOS.

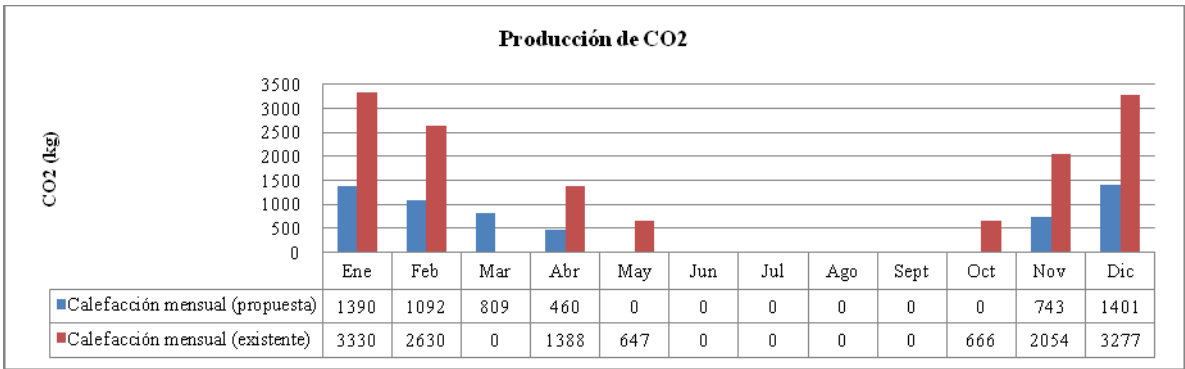
Las mejoras propuestas para la edificación, suponen un ahorro energético promedio en calefacción de casi 37%, esto supone un ahorro de 410.553kwh al año.



Según datos oficiales publicados por la compañía GAS NATURAL<sup>38</sup>, estas mejoras supondrían el siguiente ahorro económico para cada vivienda:

Vivienda	P02_E01	P02_E02	P03_E01	P03_E02	P04_E01	P04_E02	P05_E01	P05_E02	Total Edificio
Ahorro Anual (kwh)	57.892	55.728	48.485	41.257	32.977	41.905	35.827	96.482	410.553
Ahorro Anual (€/kwh)	2.483 €	2.390 €	2.080 €	1.770 €	1.415 €	1.797 €	1.537 €	4.138 €	17.610 €

Esto también se refleja en las emisiones de CO2 del edificio, que se reducen considerablemente.



En cuanto a las carpinterías, el análisis comparativo de la optimización de las mismas se encuentra reflejado en el anexo A, al final del documento.

## CONCLUSIONES

La envolvente térmica de un edificio constituye el único parámetro sobre el cual se puede incidir, para optimizar el ahorro de energía y la eficiencia energética. No sería cuantificable evaluar el patrón de conducta de los usuarios, como tampoco se puede prever el tiempo que pasarán los usuarios en la vivienda, por lo que no podemos estimar de un modo fiable ni los ocupantes, ni los equipos ni sus patrones de conducta. Es la envolvente del edificio lo que resulta objetivamente el único elemento sobre el que se puede hacer actuaciones con tal de asegurar que, tras una correcta ejecución en obra, se comportará como se ha previsto.

Como ya se ha comentado anteriormente la existencia de pérdidas térmicas en la envolvente de las edificaciones, supone el derroche de energía, pues se aumenta el consumo debido a la sobreutilización de los sistemas térmicos para compensar las pérdidas y de este modo satisfacer las necesidades de confort de los usuarios; es por ello que cuando se habla de rehabilitación se habla de sostenibilidad, pues adaptar esas viejas construcciones a las normativas que establecen nuevos criterios respetuosos con el Medio Ambiente no sólo es más económico que construir, (aun si estas están desde el principio concebidas bajo los mismos principios de sostenibilidad), sino que, además, puede alargar la vida útil de estas edificaciones y evitar que tengan que ser demolidas en su totalidad cuando ésta haya acabado.

Esto además supone, por un lado reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, y por el otro la reactivación económica del sector de la construcción, llevándolo a contemplar como una oportunidad ante la crisis actual, la rehabilitación de edificios existentes.

Aun teniendo en cuenta la complejidad que puede resultar el analizar la envolvente térmica de una edificación existente que carece de datos documentados previos, las simulaciones energéticas a través de modelos informáticos pueden ser capaces de reproducir los comportamientos de la edificación con un porcentaje de exactitud bastante elevado, que puede además facilitar los cálculos de viabilidad económica para las futuras actuaciones.

Cabe destacar, que este tipo de análisis está en pleno desarrollo en la actualidad, cada vez son más las empresas y entes gubernamentales las que utilizan la simulación energética como herramienta de predicción en proyectos de arquitectura eficientes.

En cuanto a los resultados obtenidos por el análisis de la edificación y la propuesta para su rehabilitación, se ha demostrado a través de una metodología adecuada, y no necesariamente costosa, las edificaciones antiguas pueden ser energéticamente sostenibles.

Como última puntualización destacar, que las decisiones tomadas en cuanto a criterios de diseño pueden ser determinantes en cuanto a la eficacia de un cerramiento, como se ha visto anteriormente, los cambios aportados a la orientación de la cubierta, son una alternativa para optimizar espacios y solucionar problemas de diseño que provienen del origen, como prevención a que vuelvan a repetirse las mismas patologías.



Fig. 1.1 Evolución de las emisiones por grupo de actividad.....	14
Fig. 2.1 Fases del ciclo de vida de una edificación .....	15
Fig. 2.2 Distribución de energía eléctrica (ktep) por sectores de uso. Media 1990–2007 .....	16
Fig. 2.3 Utilización de la energía en el sector doméstico .....	17
Fig. 2.4 Viviendas según su antigüedad. Datos del año 2005.....	18
Fig. 1.1 Esquema de la envolvente térmica de un edificio. ....	22
Fig. 1.2 Orientaciones de las fachadas .....	23
Fig. 1.3 La fachada como parte del sistema estructural. ....	25
Fig. 1.4 Muro de cerramiento a 1 pie.....	26
Fig. 1.5 Muro de cerramiento a ½ pie.....	27
Fig. 1.6 La fachada como elemento independiente de la estructura. ....	27
Fig. 1.7 Variantes formales.....	30
Fig. 1.8 Variantes constructivas.....	31
Fig. 1.1 Ubicación geográfica Vilagarcía de Arousa.....	38
Fig. 1.2 Situación y emplazamiento.....	39
Fig. 2.1 Planta tipo.....	40
Fig. 2.2 Fachada suroeste .....	42
Fig. 2.3 Fachada noroeste.....	42
Fig. 2.4 Desarrollo de patios de luces .....	43
Fig. 2.5 Planta de distribución de cubierta.....	43
Fig. 2.6 Resultados del análisis del estado actual de la edificación.....	46
Fig. 3.1 Esquema de montaje sistema ETICS.....	50
Fig. 3.2 Distribución propuesta para la cubierta. ....	54
Fig. 4.1 Lugar de emplazamiento de la edificación. ....	55
Fig. 4.2 Modelo de propuesta (DesignBuilder) .....	56
Fig. 4.3 Configuración de actividad. ....	57
Fig. 4.4 Configuración de HVAC.....	58
Fig. 5.1 Modelo de propuesta (LIDER).....	61
Fig. 5.2 Modelo de propuesta, medianeras (LIDER) .....	61
Fig. 5.3 Resultados del análisis de la propuesta de intervención.....	62
Fig. 6.1 Fachadas noroeste y suroeste .....	69
Fig. 6.2 Configuración de la cubierta .....	70
Fig. 6.3 Encuentro de cubierta con medianera noreste.....	70
Fig. 6.4 Constitución de la cubierta .....	70
Fig. 6.5 Fisuras en fachada noroeste. ....	71
Fig. 6.6 Patio interior Nº1.....	71
Fig. 6.7 Patio interior Nº 2.....	71
Tabla 1.1 Componentes de una fachada.....	24
Tabla 1.2 Resumen de los acabados de fachadas más representativos .....	28
Tabla 1.3 Patologías en la edificación.....	28
Tabla 1.4 Componentes de una cubierta.....	29
Tabla 2.1 Porcentaje de huecos.....	41
Tabla 2.2 Tipología de ventanas .....	41
Tabla 2.3 Clasificación de los espacios.....	44
Tabla 2.4 Envolvente térmica .....	45
Tabla 2.5 Composición de los Huecos .....	46
Tabla 2.6 Resultados del análisis del estado actual de la edificación.....	47
Tabla 3.1 Intervención de la envolvente térmica. ....	52
Tabla 3.2 Composición de los Huecos .....	53

68 Rehabilitación energética en edificaciones de más de 30 años mediante el uso de recursos informáticos.  
Aplicación a una edificación ubicada en la Provincia de Pontevedra.

---

A continuación, se presentan algunas imágenes representativas del estado inicial de la edificación, anterior a cualquier rehabilitación de fachada.

Las fotografías son una documentación aportada por la propiedad y datan del año 2006.



Fig. 6.1 Fachadas noroeste y suroeste





Fig. 6.2 Configuración de la cubierta



Fig. 6.3 Encuentro de cubierta con medianera noreste



Fig. 6.4 Constitución de la cubierta





Fig. 6.5 Fisuras en fachada noroeste.



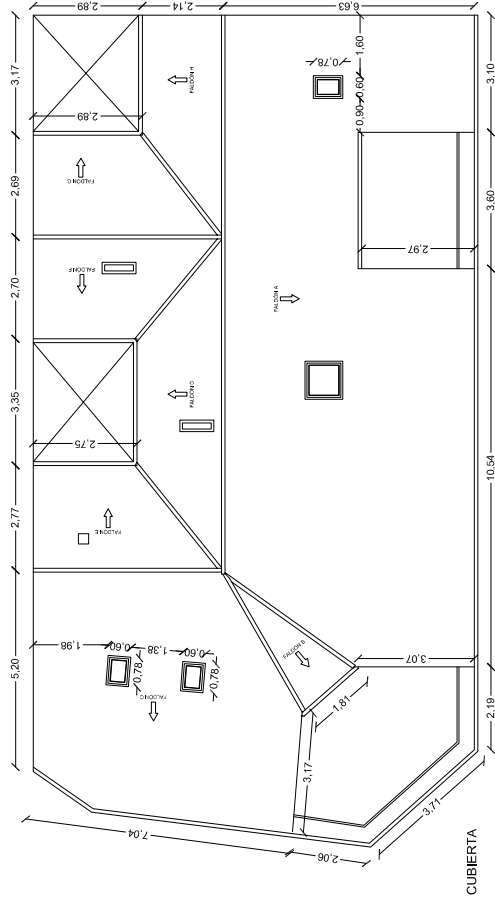
Fig. 6.6 Patio interior N°1



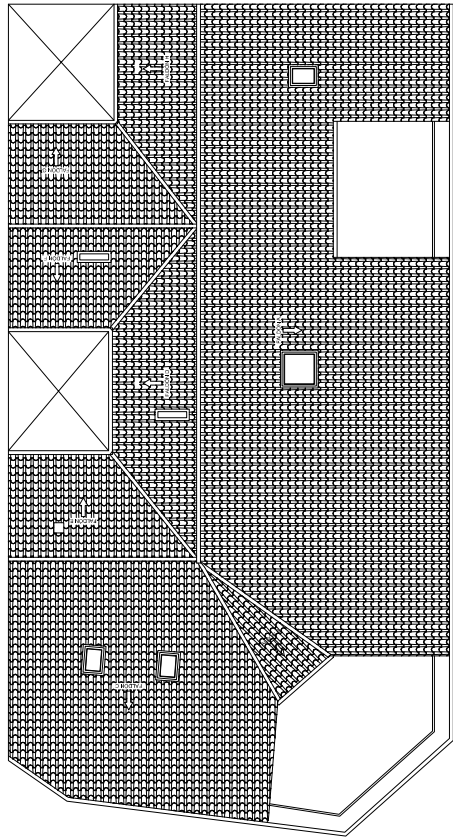
Fig. 6.7 Patio interior N° 2

72 Rehabilitación energética en edificaciones de más de 30 años mediante el uso de recursos informáticos.  
Aplicación a una edificación ubicada en la Provincia de Pontevedra.

---



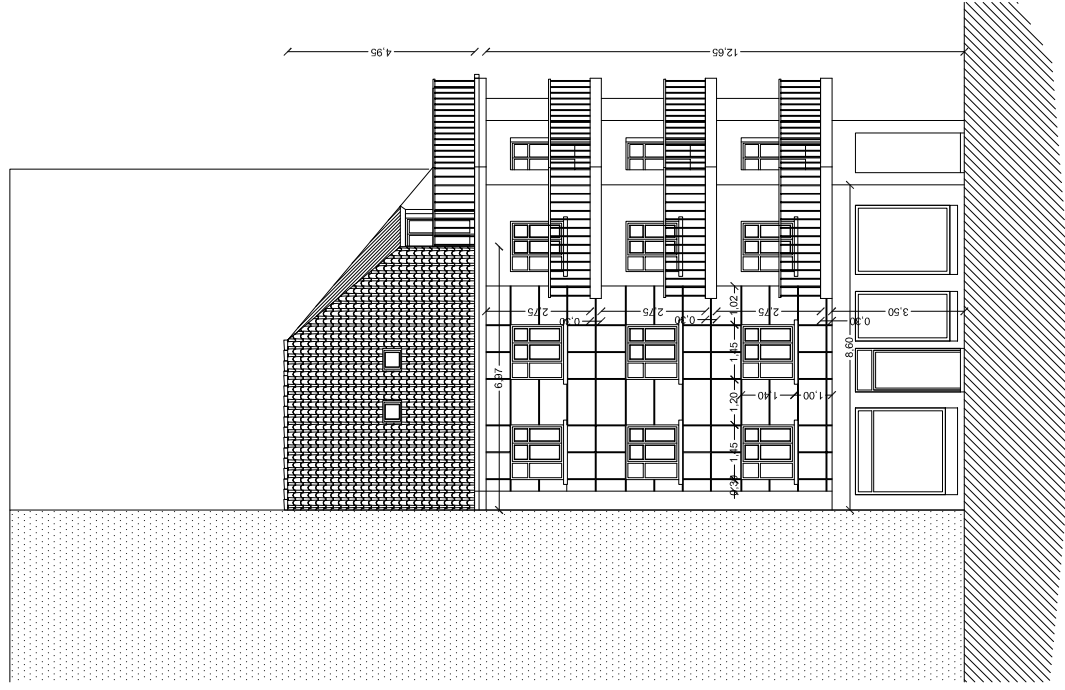
CUBIERTA



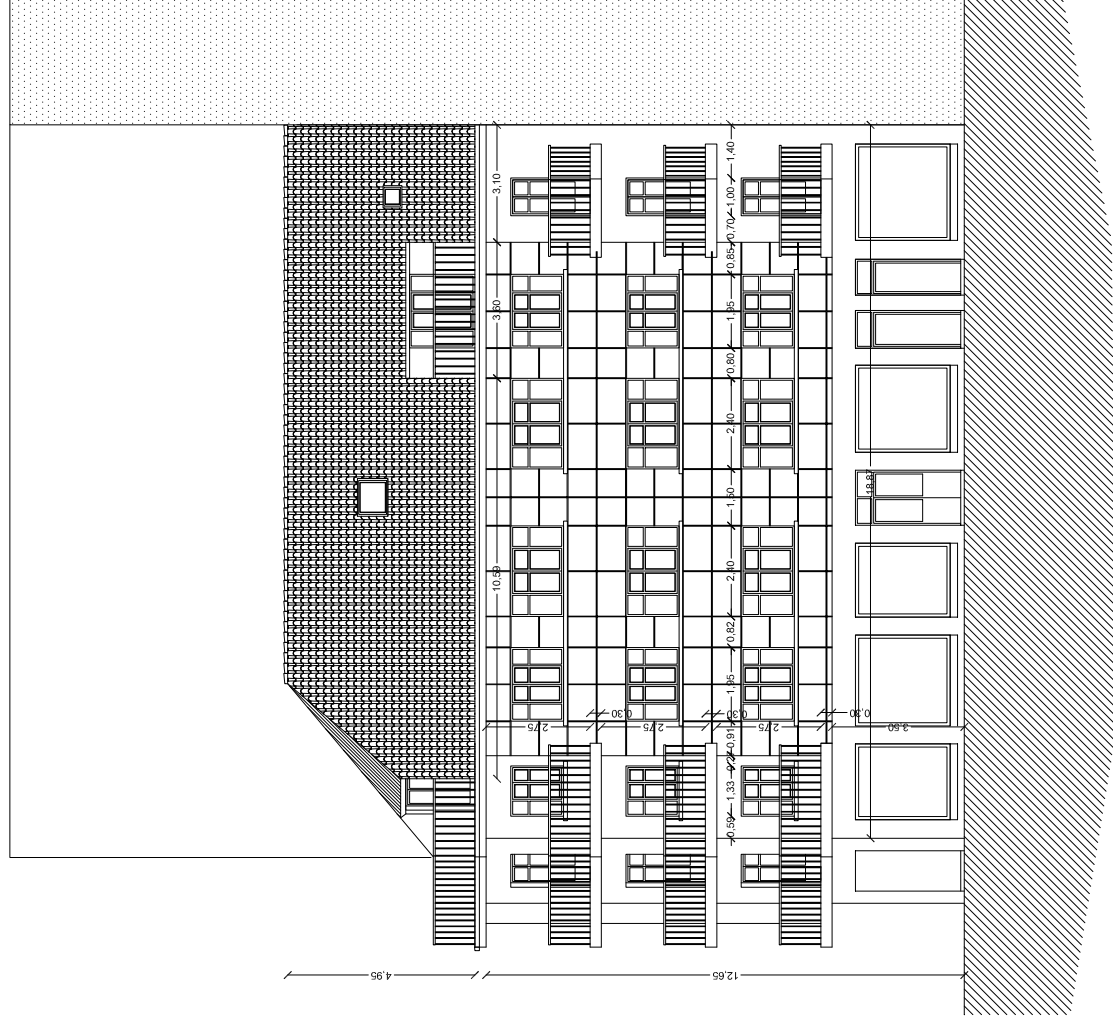
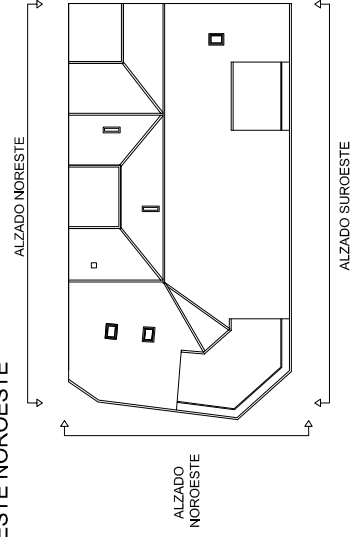
PLANTA CUBIERTA

	SUPERFICIE	PENDIENTE
FALDON A	125.37 m <sup>2</sup>	38°
FALDON B	4.80 m <sup>2</sup>	38°
FALDON C	51.55 m <sup>2</sup>	38°
FALDON D	17.09 m <sup>2</sup>	34°
FALDON E	13.51 m <sup>2</sup>	37°
FALDON F	12.86 m <sup>2</sup>	38°
FALDON G	13.54 m <sup>2</sup>	38°
FALDON H	11.84 m <sup>2</sup>	34°

NOTA: SUPERFICIES MEDIDAS EN VERDADERA MAGNITUD



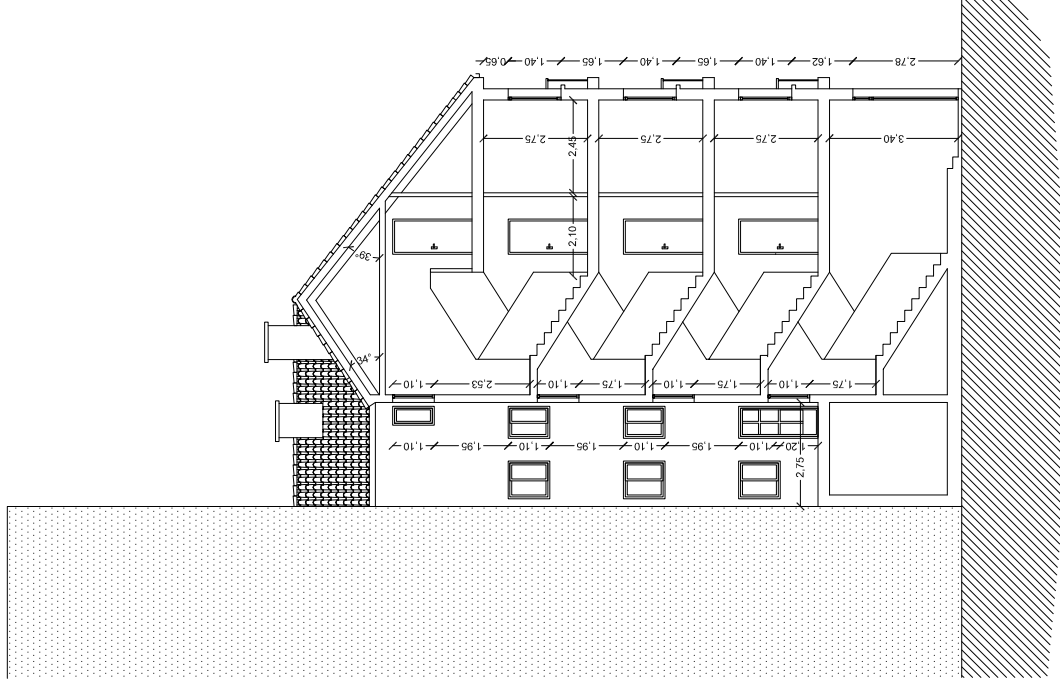
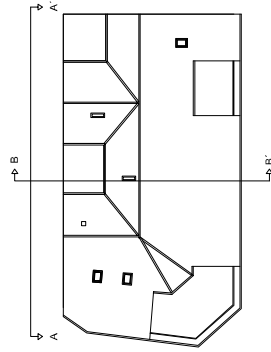
ALZADO ESTE NOROESTE



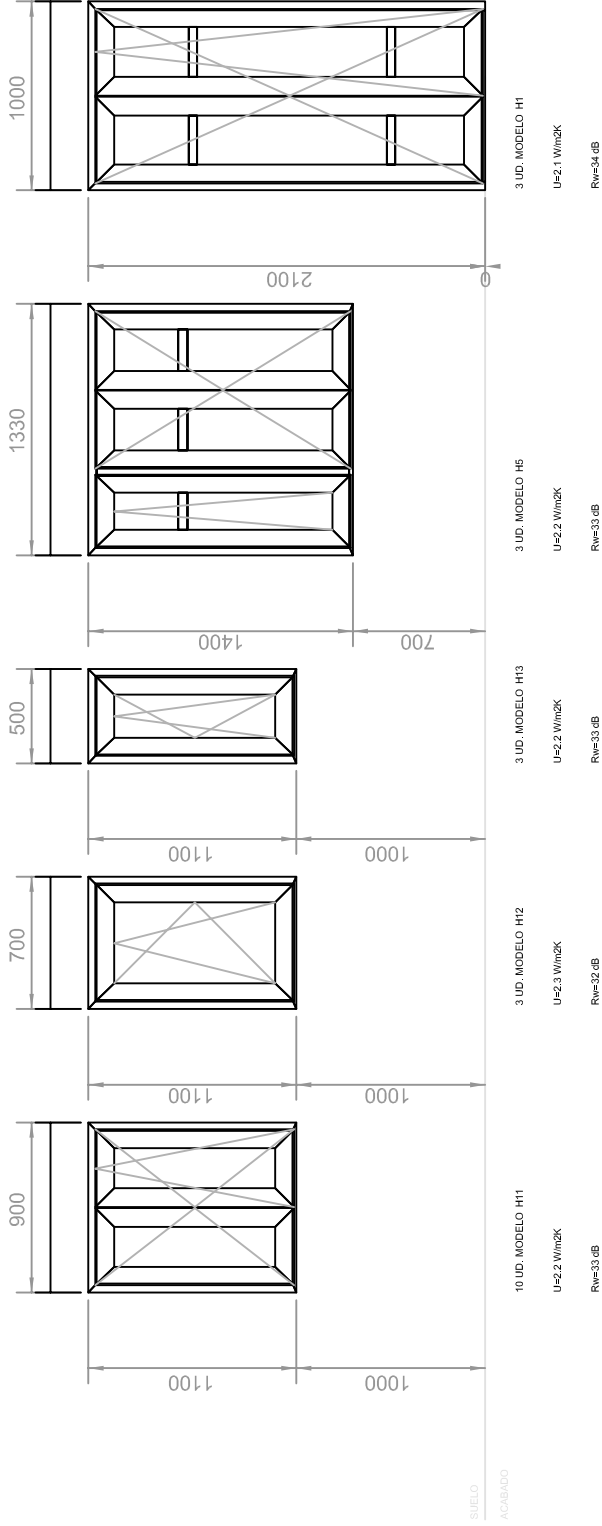
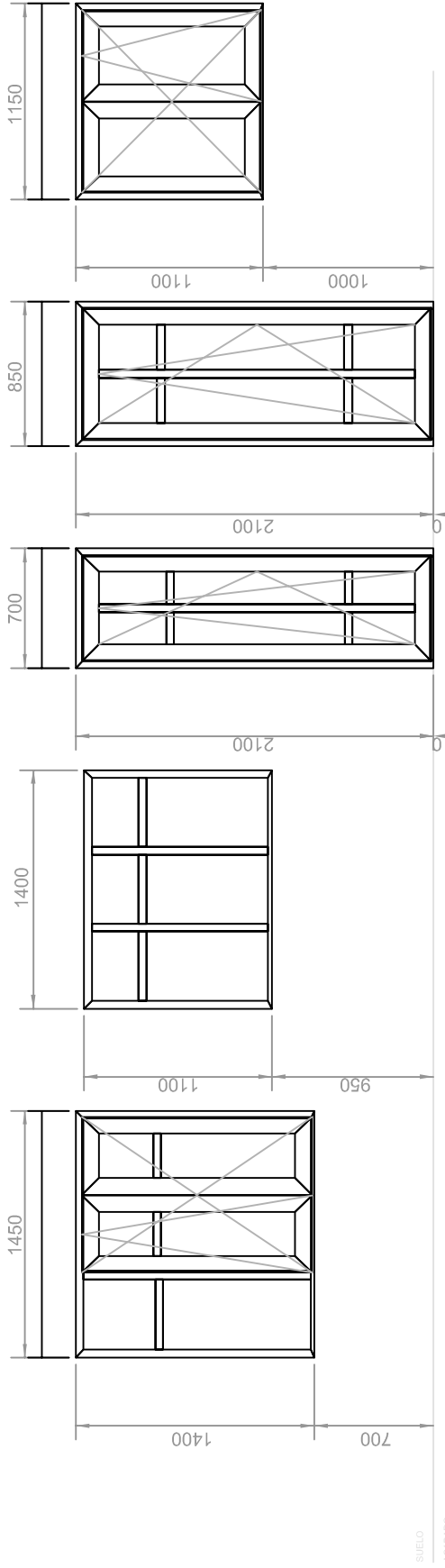
ALZADO SUROESTE



SECCION A-A'



SECCION B-B'



# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

## MODIFICACIÓN DE CUBIERTA Y REHABILITACIÓN DE FACHADAS DE EDIFICIO DE VIVIENDAS

### PLANO A2.1

PROPIETARIO: ELVIRA FERNÁNDEZ GANDARA

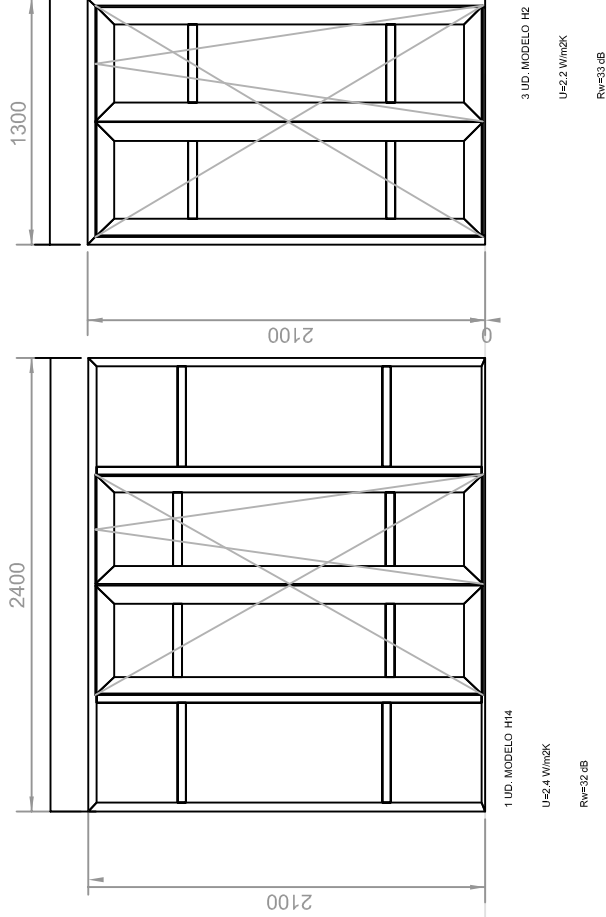
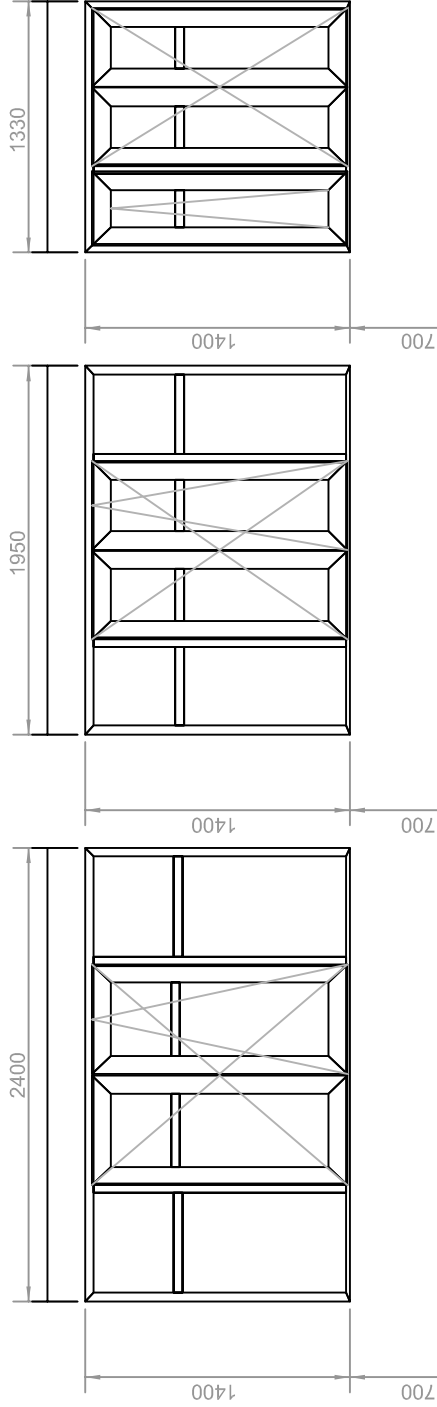
SITUACIÓN: RUA BRANDARIZ N.4 - VILAGARCÍA DE AROUSA - PONTEVEDRA

YESENIA GÓMEZ FERNÁNDEZ

CARPINTERÍAS

JUNIO 2010

E: 1/40



78 Rehabilitación energética en edificaciones de más de 30 años mediante el uso de recursos informáticos.  
Aplicación a una edificación ubicada en la Provincia de Pontevedra.

---

ANEXO IX. CUADROS COMPARATIVOS ENTRE CARPINTERÍAS.



#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Suroeste (  $198^\circ = \alpha = 249^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	4,3	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones Ancho 1000 Alto 2100

Ventana H1



COMPARATIVA  
Ventana H1

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,37

Tipología de la Ventana  
Ventana de dos Hojas (1000 x 2100)

Sistema de Perfiles  
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,4 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un  
2,33 %

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,37

Tipología de la Ventana  
Ventana de dos Hojas (1000 x 2100)

Sistema de Perfiles  
PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
4-12-4 be (U=2,0 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,1 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un  
51,16 %

##### Ahorro energético

52,27% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Oeste (  $249^\circ = \alpha = 300^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 11% al 20%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	3,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones Ancho 1300 Alto 2100

Ventana H2



COMPARATIVA  
Ventana H2

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,3

Tipología de la Ventana  
Ventana de dos Hojas (1300 x 2100)

Sistema de Perfiles  
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,7 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un  
20,51 %

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,3

Tipología de la Ventana  
Ventana de dos Hojas (1300 x 2100)

Sistema de Perfiles  
PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
4-12-4 be (U=2,0 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,1 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un  
46,15 %

##### Ahorro energético

55,32% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Suroeste (  $198^\circ = \alpha = 249^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	4,3	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones Ancho 2400 Alto 1400

Ventana H3



COMPARATIVA  
Ventana H3

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,26

Tipología de la Ventana  
Ventana de cuatro Hojas (2400 x 1400)

Sistema de Perfiles  
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,7 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un  
9,3 %

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,26

Tipología de la Ventana  
Ventana de cuatro Hojas (2400 x 1400)

Sistema de Perfiles  
PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
4-12-4 (U=2,8 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,6 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un  
39,53 %

##### Ahorro energético

44,68% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

greenline

#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Suroeste (  $198^\circ = \alpha = 249^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	4,3	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones Ancho 1950 Alto 1400

Ventana H4



COMPARATIVA  
Ventana H4

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,29

Tipología de la Ventana  
Ventana de cuatro Hojas (1950 x 1400)

Sistema de Perfiles  
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,7 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un  
9,3 %

Fracción de hueco ocupada por el marco 0,29

Tipología de la Ventana  
Ventana de cuatro Hojas (1950 x 1400)

Sistema de Perfiles  
PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

Vidrio  
4-12-4 (U=2,8 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,6 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un  
39,53 %

##### Ahorro energético

44,68% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

## 80 Rehabilitación energética en edificaciones de más de 30 años mediante el uso de recursos informáticos. Aplicación a una edificación ubicada en la Provincia de Pontevedra.

### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Suroeste (  $198^\circ \approx a \approx 249^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

#### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	4,3	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	1330	1400

Ventana H5



#### COMPARATIVA

Ventana H5

Fracción de hueco ocupada por el marco	0,33	Fracción de hueco ocupada por el marco	0,33
<b>Tipología de la Ventana</b>		<b>Tipología de la Ventana</b>	
Ventana de tres Hojas (1330 x 1400)		Ventana de tres Hojas (1330 x 1400)	
<b>Sistema de Perfiles</b>		<b>Sistema de Perfiles</b>	
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)		PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)	
<b>Vidrio</b>		<b>Vidrio</b>	
Monolítico (U=5,7 W/m²K)		4-12-4 (U=2,8 W/m²K)	
<b>Ventana EJEMPLO</b>		<b>Ventana EJEMPLO</b>	
U= 4,5 W/m²K		U= 2,6 W/m²K	
<b>NO CUMPLE</b>		<b>SI CUMPLE</b>	
Excedido el C.T.E. en un	4,65 %	Mejora sobre el C.T.E. en un	39,53 %

#### Ahorro energético

42,22% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Norte (  $300^\circ \approx a < 60^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

#### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	1450	1400

Ventana H6



#### COMPARATIVA

Ventana H6

Fracción de hueco ocupada por el marco	0,3	Fracción de hueco ocupada por el marco	0,3
<b>Tipología de la Ventana</b>		<b>Tipología de la Ventana</b>	
Ventana de tres Hojas (1450 x 1400)		Ventana de tres Hojas (1450 x 1400)	
<b>Sistema de Perfiles</b>		<b>Sistema de Perfiles</b>	
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)		PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)	
<b>Vidrio</b>		<b>Vidrio</b>	
Monolítico (U=5,7 W/m²K)		4-12-4 (U=2,8 W/m²K)	
<b>Ventana EJEMPLO</b>		<b>Ventana EJEMPLO</b>	
U= 4,7 W/m²K		U= 2,6 W/m²K	
<b>NO CUMPLE</b>		<b>SI CUMPLE</b>	
Excedido el C.T.E. en un	62,07 %	Mejora sobre el C.T.E. en un	10,34 %

#### Ahorro energético

44,68% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

greenline

### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Norte (  $300^\circ \approx a < 60^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

#### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	1400	1100

Ventana H7



#### COMPARATIVA

Ventana H7

Fracción de hueco ocupada por el marco	0,16	Fracción de hueco ocupada por el marco	0,16
<b>Tipología de la Ventana</b>		<b>Tipología de la Ventana</b>	
Ventana Fija (1400 x 1100)		Ventana Fija (1400 x 1100)	
<b>Sistema de Perfiles</b>		<b>Sistema de Perfiles</b>	
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)		PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)	
<b>Vidrio</b>		<b>Vidrio</b>	
Monolítico (U=5,7 W/m²K)		4-12-4 (U=2,8 W/m²K)	
<b>Ventana EJEMPLO</b>		<b>Ventana EJEMPLO</b>	
U= 5,1 W/m²K		U= 2,7 W/m²K	
<b>NO CUMPLE</b>		<b>SI CUMPLE</b>	
Excedido el C.T.E. en un	75,86 %	Mejora sobre el C.T.E. en un	6,9 %

#### Ahorro energético

47,06% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Norte (  $300^\circ \approx a < 60^\circ$  ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

#### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	700	2100

Ventana H8



#### COMPARATIVA

Ventana H8

Fracción de hueco ocupada por el marco	0,34	Fracción de hueco ocupada por el marco	0,34
<b>Tipología de la Ventana</b>		<b>Tipología de la Ventana</b>	
Ventana de una Hoja (700 x 2100)		Ventana de una Hoja (700 x 2100)	
<b>Sistema de Perfiles</b>		<b>Sistema de Perfiles</b>	
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)		PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)	
<b>Vidrio</b>		<b>Vidrio</b>	
Monolítico (U=5,7 W/m²K)		4-12-4 (U=2,8 W/m²K)	
<b>Ventana EJEMPLO</b>		<b>Ventana EJEMPLO</b>	
U= 4,5 W/m²K		U= 2,6 W/m²K	
<b>NO CUMPLE</b>		<b>SI CUMPLE</b>	
Excedido el C.T.E. en un	55,17 %	Mejora sobre el C.T.E. en un	10,34 %

#### Ahorro energético

42,22% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Norte ( $300^\circ \leq \alpha < 60^\circ$ ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	850	2100

Ventana H9



COMPARATIVA  
Ventana H9

Fración de hueco ocupada por el marco 0,30

##### Tipología de la Ventana

Ventana de una Hoja (850 x 2100)

##### Sistema de Perfiles

Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,7 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un 62,07 %

Fración de hueco ocupada por el marco 0,30

##### Tipología de la Ventana

Ventana de una Hoja (850 x 2100)

##### Sistema de Perfiles

PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

4-12-4 (U=2,8 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,6 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un 10,34 %

##### Ahorro energético

44,66% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Norte ( $300^\circ \leq \alpha < 60^\circ$ ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	1150	1100

Ventana H10



COMPARATIVA  
Ventana H10

Fración de hueco ocupada por el marco 0,42

##### Tipología de la Ventana

Ventana de dos Hojas (1150 x 1100)

##### Sistema de Perfiles

Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,2 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un 44,83 %

Fración de hueco ocupada por el marco 0,42

##### Tipología de la Ventana

Ventana de dos Hojas (1150 x 1100)

##### Sistema de Perfiles

PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

4-12-4 (U=2,8 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,5 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un 13,79 %

##### Ahorro energético

40,48% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

greentline

#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Norte ( $300^\circ \leq \alpha < 60^\circ$ ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	900	1100

Ventana H11



COMPARATIVA  
Ventana H11

Fración de hueco ocupada por el marco 0,41

##### Tipología de la Ventana

Ventana de dos Hojas (900 x 1100)

##### Sistema de Perfiles

Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,3 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un 48,28 %

Fración de hueco ocupada por el marco 0,41

##### Tipología de la Ventana

Ventana de dos Hojas (900 x 1100)

##### Sistema de Perfiles

PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

4-12-4 (U=2,8 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,6 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un 10,34 %

##### Ahorro energético

39,53% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

#### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de Vilagarcía de Arousa en la provincia de Pontevedra en una fachada orientada al Norte ( $300^\circ \leq \alpha < 60^\circ$ ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada del 21% al 30%, las exigencias del C.T.E. son:

##### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$

Dimensiones	Ancho	Alto
	700	1100

Ventana H12



COMPARATIVA  
Ventana H12

Fración de hueco ocupada por el marco 0,42

##### Tipología de la Ventana

Ventana de una Hoja (700 x 1100)

##### Sistema de Perfiles

Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

Monolítico (U=5,7 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 4,2 W/m²K

NO CUMPLE

Excedido el C.T.E. en un 44,83 %

Fración de hueco ocupada por el marco 0,42

##### Tipología de la Ventana

Ventana de una Hoja (700 x 1100)

##### Sistema de Perfiles

PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)

##### Vidrio

4-12-4 (U=2,8 W/m²K)

##### Ventana EJEMPLO

U= 2,5 W/m²K

SI CUMPLE

Mejora sobre el C.T.E. en un 13,79 %

##### Ahorro energético

40,48% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

## 82 Rehabilitación energética en edificaciones de más de 30 años mediante el uso de recursos informáticos. Aplicación a una edificación ubicada en la Provincia de Pontevedra.

### Resumen - Opciones seleccionadas

Para la ventana situada en el municipio de **Vilagarcía de Arousa** en la provincia de **Pontevedra** en una fachada orientada al **Norte** ( $300^\circ \approx \alpha < 60^\circ$ ) con un porcentaje de ocupación de las ventanas en la fachada **del 21% al 30%**, las exigencias del C.T.E. son:

#### Exigencias del C.T.E. - (DB-HE)

Zona climática	U lim Ventana	Factor Solar	Permeabilidad al aire según Norma UNE EN (12207:2000)
C1	2,9	Sin Exigencia	Clase $\geq 2$
Dimensiones	Ancho	Alto	
	700	1100	

Ventana H13



#### COMPARATIVA

Ventana H13

Fración de hueco ocupada por el marco	0,42	Fración de hueco ocupada por el marco	0,42
Tipología de la Ventana		Tipología de la Ventana	
Ventana de una Hoja (700 x 1100)		Ventana de una Hoja (700 x 1100)	
Sistema de Perfiles		Sistema de Perfiles	
Madera Densidad Media-Alta (U=2,2 W/m²K)		PVC 2 Cámaras (U=2,2 W/m²K)	
Vidrio		Vidrio	
Monolítico (U=5,7 W/m²K)		4-12-4 (U=2,8 W/m²K)	
Ventana EJEMPLO		Ventana EJEMPLO	
U= 4,2 W/m²K		U= 2,5 W/m²K	
NO CUMPLE		SI CUMPLE	
Excedido el C.T.E. en un		Mejora sobre el C.T.E. en un	
44,83 %		13,79 %	

#### Ahorro energético

40,48% Comparada con la ventana 1

Fuente: C.T.E. B.O.E.: nº99 de 23/04/2009

## BIBLIOGRAFIA

- <sup>1</sup> Agenda Local 21. “1987 Informe Brundtland”. [En línea] Disponible en: <http://www.oarsoaldeia.net/agenda21/files/Nuestro%20futuro%20comun.pdf> (acceso diciembre, 2009)
- <sup>2</sup> Organización de Estados Iberoamericanos. Biblioteca Virtual. “Declaración de Río de Janeiro.” [En línea] Disponible en: <http://www.oei.es/cumbrerio.htm> (acceso diciembre, 2009)
- <sup>3</sup> Agenda 21. “Declaración de Hannover” [En línea] Disponible en: [http://www.agenda21.solhost.net/documentos/Declaracion\\_de\\_Hannover.pdf](http://www.agenda21.solhost.net/documentos/Declaracion_de_Hannover.pdf) (acceso mayo, 2010)
- <sup>4</sup> Cumbre de Johannesburgo 2002. “Documentos de la cumbre” [En línea] Disponible en: <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/> (acceso mayo, 2010)
- <sup>5</sup> Aalborg plus 10. “List of Aalborg commitments signatories”. [En línea] Disponible en: <http://www.aalborgplus10.dk/default.aspx?m=2&i=308> (acceso mayo, 2010)
- <sup>6</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change. “Kyoto Protocol. [En línea] Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> (acceso )
- <sup>7</sup> Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. “Calidad y evaluación ambiental”. [En línea] Disponible en: [http://www.mma.es/secciones/calidad\\_contaminacion/pdf/Sumario\\_Inventario\\_de\\_Emisiones\\_GEI-serie1990-2007.pdf](http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/pdf/Sumario_Inventario_de_Emisiones_GEI-serie1990-2007.pdf) (acceso diciembre 2009)
- <sup>8</sup> INEGA. Instituto Enerxético de Galicia. “Balance energético de Galicia 2006” [En línea] Disponible en: [http://www.inega.es/inega/2007/upload/gal/85-d-balance\\_enerxetico\\_de\\_galicia\\_2006.pdf](http://www.inega.es/inega/2007/upload/gal/85-d-balance_enerxetico_de_galicia_2006.pdf) (acceso diciembre 2009)
- <sup>9</sup> WWF. “Propuestas de WWF para reducir un 30% las emisiones de CO2 de sectores difusos en España”. [En línea] Disponible en: [http://assets.wwfspan.panda.org/downloads/espana\\_hacia\\_copenhague.pdf](http://assets.wwfspan.panda.org/downloads/espana_hacia_copenhague.pdf) (acceso enero 2010)
- <sup>10</sup> CTE. Código Técnico de la Edificación. “Historia” [En línea] Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/index?id=29> (acceso diciembre 2009)
- <sup>11</sup> IGE. Instituto Galego de Estadística. “Producción, distribución y consumo de energía”. [En línea] Disponible en: [http://www.ige.eu/web/mostrar\\_actividade\\_estadistica.jsp?idioma=es&codigo=0303001](http://www.ige.eu/web/mostrar_actividade_estadistica.jsp?idioma=es&codigo=0303001) (acceso enero 2010)
- <sup>12</sup> INEGA. Instituto Enerxético de Galicia. “Aforro e Eficiencia Enerxética. Doméstico”. [En línea] Disponible en: <http://www.inega.es/inega/2007/web/index.php?dep=3&mod=inf&idc=13> (acceso enero 2010)
- <sup>13</sup> Plazas López, Fabián. (2006) “Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación.” (Tesis de Doctorado – Universitat Politècnica de Catalunya)

<sup>14</sup> IGE. Instituto Galego de Estadística. “Enquisa de condicións de vida das familias” [En línea] Disponible en: [http://www.ige.eu/estatico/html/gl/sociais/benestar/cvida/2005/modulo\\_especifico/caracteristicas\\_basicas\\_vivenda.htm](http://www.ige.eu/estatico/html/gl/sociais/benestar/cvida/2005/modulo_especifico/caracteristicas_basicas_vivenda.htm) (acceso enero 2010)

<sup>15</sup>EUROPA. Síntesis de la legislación de la UE. “Eficiencia energética: rendimiento energético de los edificios”. [En línea] Disponible en: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/l27042\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27042_es.htm) (acceso enero 2010)

<sup>16</sup> Economía sostenible. “Anteproyecto de Ley de Economía sostenible”. [En línea] Disponible en: <http://www.economiasostenible.gob.es/que-medidas-incluye-la-ley-de-economia-sostenible/> (acceso enero 2010)

<sup>17</sup> MVIV. Ministerio de Vivienda. “Proyecto de Real Decreto de Certificación energética”. [En línea] Disponible en: [http://www.mviv.es/es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=81&Itemid=130](http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=81&Itemid=130) (acceso enero 2010)

<sup>18</sup> Consejo Construcción Verde en España. “LEED: Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible”. [En línea] Disponible en: <http://www.spaingbc.org/leed/leed.html> (acceso mayo 2010)

<sup>19</sup> GBC España –Verde. “Certificación medioambiental de edificios”. [En línea] Disponible en: <http://www.gbce.es/certificacion/informacion-general> (acceso mayo 2010)

<sup>20</sup> CTE. Código Técnico de la Edificación. “Documento Básico HE. Ahorro de energía. HE 1 Limitación de demanda energética.” [En línea] Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>

<sup>21</sup> MONJO C., Juan. “Tratado de construcción. Fachada y Cubiertas. Definiciones y conceptos generales.” Ed. Munilla-Lería S.L. Madrid. 2003

<sup>22</sup> MÁS TOMAS, Ángeles y otros. “Cerramientos de obras de fábrica. Diseño y Tipología”. Ed. UPV. Valencia, 2004

<sup>23</sup> NEILA G., Javier. “Tratado de construcción. Fachada y Cubiertas. Exigencias funcionales.” Ed. Munilla-Lería S.L. Madrid. 2003

<sup>24</sup> BELLMUNT R., Rafael y otros. “Reconocimiento, diagnóstico e intervención en fachadas”. ITEC, 2002

<sup>25</sup> MÁS TOMAS, Ángeles y otros. “Cerramientos de obras de fábrica. Diseño y Tipología”. Ed. UPV. Valencia, 2004

<sup>26</sup> MONJO C., Juan. “La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización”. [En línea] Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/481/554> (acceso en marzo 2010)

<sup>27</sup> ADELL, Josep M<sup>a</sup>. “Tratado de construcción. Fachada y Cubiertas. Fachadas Actuales de Fábrica.” Ed. Munilla-Lería S.L. Madrid. 2003



<sup>28</sup> BELLMUNT R., Rafael y otros. "Reconocimiento, diagnóstico e intervención en fachadas". ITEC, 2002

<sup>29</sup> ELGUERO, Ana María. "Patologías Elementales". Ed. Nobuko. Buenos Aires, 2004

<sup>30</sup> GALINDO G., Pedro. "Tratado de construcción. Fachada y Cubiertas. La Cubierta." Ed. Munilla-Lería S.L. Madrid. 2003

<sup>31</sup> PARICI C., Antoni. "Secrets d'un sistema constructiu: l'Eixample". Ed. UPC. Barcelona, 2001

<sup>32</sup> MONJO C., Juan. "Tratado de construcción. Fachada y Cubiertas. Definiciones y conceptos generales." Ed. Munilla-Lería S.L. Madrid. 2003

<sup>33</sup> TECNO.SOSTENIBILIDAD. "Certificación energética de edificios". [En línea] Disponible en: [http://tecno.sostenibilidad.org/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=311](http://tecno.sostenibilidad.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=311) (acceso enero 2010)

<sup>34</sup> PARICIO C., Ignaci. "Secrets d'un sistema constructiu: L'Eixample". Ed. UPC, Barcelona. 2001

<sup>35</sup> IGE. Instituto Galego de Estadística. "Información climatológica" [En línea] Disponible en: [http://www.ige.eu/web/mostrar\\_actividade\\_estadistica.jsp?idioma=gl&codigo=0102](http://www.ige.eu/web/mostrar_actividade_estadistica.jsp?idioma=gl&codigo=0102) (acceso abril 2010)

<sup>36</sup> Xunta de Galicia. Información Urbanística de Galicia. "Vilagarcía de Arousa". [En línea] Disponible en: <http://www.planeamentourbanistico.xunta.es/mapes/VILAGARCIADearousa/documents/1009SU052.jpg> (acceso octubre 2007)

<sup>37</sup> ROCKWOLL FIRE SAFE INSOLUTION. "Planoles - Renovation Building. Demonstrative Projects" [En línea] Disponible en: <http://www.rockwool.es/eficiencia+energ%c3%a9tica/demonstrative+projects?nodeId=1591> (acceso mayo 2010)

<sup>38</sup> GAS NATURAL. "Tarifas de gas natural publicadas en el BOE nº 315 del 31 de Diciembre de 2009, vigentes desde el 1 de Enero de 2010, incorporando un 16% de IVA." [En línea] Disponible en: [http://portal.gasnatural.com/archivos/esp\\_distr/20091231\\_Tarifas\\_de\\_Gas\\_Natural\\_castellano.pdf](http://portal.gasnatural.com/archivos/esp_distr/20091231_Tarifas_de_Gas_Natural_castellano.pdf) (acceso febrero 2010)

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mis directoras de tesis: Inmaculada Rodríguez Cantalapiedra, Ana M<sup>a</sup> Lacasta Palacio, por sus contribuciones al desarrollo de esta tesis y por su gran disposición para atenderme en mi complicado horario y por las enseñanzas transmitidas.

A los Arq. Carmen y Joaquín Gago, por creer en mis capacidades al llegar a este país despertando en mi el interés por la rehabilitación.

A Javier Sancho García, por su paciencia, por permitirme compaginar estudios y trabajo, a mis compañeros por interesarse siempre en los avances de la tesis.

A mis amigos Sonia y Edison, por ser una gran inspiración.

A mi familia a quien amo, por creer que este desafío llegaría a su meta siendo partícipes cada uno a su manera, a mi esposo Denis por su fe en mi, por contagiarme con su espíritu optimista, por estar siempre a mi lado gracias.